



NÁVRH TVAROVÉ ZMĚNY DRŽÁKU HOUKAČKY VOZU ŠKODA RAPID

Bakalářská práce

Studijní program: B2341 – Strojírenství
Studijní obor: 3911R018 – Materiály a technologie

Autor práce: **Martin Vajgl**
Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.





PROPOSAL OF SHAPE CHANGES OF HORN HOLDER FOR SKODA RAPID VEHICLE

Bachelor thesis

Study programme: B2341 – Engineering
Study branch: 3911R018 – Material and Technology

Author: **Martin Vajgl**
Supervisor: doc. Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.



Návrh tvarové změny držáku houkačky vozu Škoda Rapid

Proposal of shape changes of horn holder for Skoda Rapid vehicle

Anotace

Bakalářská práce se zabývá návrhem tvarové změny držáku houkačky pro vůz Škoda Rapid. Byly navrženy dva tvarově změněné držáky v programu Catia V5, bez použití pružinového paketu a s úsporou spojovacího materiálu. Tyto držáky byly následně vyrobeny prototypovou technologií a poté ověřeny dynamickými a akustickými zkouškami.

Klíčová slova: ohýbání, stříhání, držák, houkačka

Annotation

This thesis deals with proposal of shape changes of horn holder for Skoda Rapid vehicle. Two shape changed holders were proposed in Catia V5 program, without using spring assembly and with savings of the mounting material. This holders were then made by prototype technology and verified in dynamic and acoustic tests.

Key Words: bending, cutting, holder, horn

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 23. května 2014

Podpis:

Poděkování

Úvodem bych chtěl poděkovat své manželce Tereze Vajglové za obrovskou podporu a toleranci během mého studia.

Dále bych rád také poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Pavlu Solfronkovi, Ph.D. za věcné rady, připomínky a přístup během konzultací k této práci.

Obsah

Seznam použitých zkratek a symbolů	9
1. Úvod	11
2. Teoretická část	13
2.1. Stříhání	13
2.1.1. Princip stříhání	13
2.1.2. Rozdělení stříhání	15
2.1.3. Střížná síla a práce.....	16
2.1.4. Přesné stříhání.....	19
2.2. Řezání laserem.....	20
2.3. Ohýbání	23
2.3.1. Deformace, neutrální osa	23
2.3.2. Odpružení	24
2.3.3. Minimální poloměr ohybu	25
2.3.4. Maximální poloměr ohybu	25
2.3.5. Konstrukční řešení ohýbadel.....	26
2.3.6. Výpočet síly a práce pro ohyb	26
2.3.7. Technologické postupy ohýbání.....	28
2.4. Akustika	30
2.4.1. Jak funguje houkačka.....	30
2.4.2. Co je zvuk	31
2.4.3. Homologační podmínky.....	35
3. Experimentální část	37
3.1. Návrh tvarové změny.....	37
3.1.1. Aktuální sériová konstrukce	37
3.1.2. Zástavbové místo	39



3.1.3.	Konstrukce držáku.....	40
3.1.4.	Materiál držáku.....	41
3.1.5.	FEM analýza	42
3.1.6.	Povrchová ochrana držáku.....	44
3.2.	Prototypová výroba držáku	44
3.2.1.	Řezání.....	44
3.2.2.	Ohýbání.....	45
3.3.	Laboratorní a akustické zkoušky.....	47
3.3.1.	Vibrační zkouška	47
3.3.2.	Akustická zkouška.....	50
4.	Závěr	52
5.	Seznam literatury	53
6.	Seznam příloh.....	55

Seznam použitých zkratk a symbolů:

CAD	...	Computer Aided Design, poč. podporované projektování
Federpaket	...	pružinový paket
FEM	...	Finite Element Method, metoda konečných prvků (MKP)
EHK č. 28	...	předpis Evropské Hospodářské Komise pro zvuková výstražná zařízení
Catia V5	...	konstrukční 3D program
Dxf	...	Drawing Exchange Format, vektorový formát
VW 13750	...	VW předpis pro povrchovou ochranu
VW 80200-2	...	VW předpis pro vibrační zkoušku
DIN EN 10111	...	norma materiálu
h_s	[mm]	hloubka vniknutí střížné hrany
F_s	[N]	střížná síla
T	[N]	třecí síla
F	[N]	normálová síla
τ_s	[MPa]	napětí ve stříhu
t	[mm]	tloušťka plechu
O	[mm]	střížný obvod
A	[J]	střížná, ohýbací práce
k	[-]	koeficient zaplnění plochy pod křivkou
z, h	[mm]	zdvih
b	[mm]	délka stříhu, šířka materiálu
φ	[°]	úhel stříhu
M	[Nm]	moment
γ	[°]	úhel odpružení
R_{min}	[mm]	minimální poloměr ohybu
c	[-]	součinitel tvářitelnosti
E	[MPa]	Youngův modul
R_e	[MPa]	výrazná mez kluzu
R_m	[MPa]	mez pevnosti v tahu
R_{max}	[mm]	maximální poloměr ohybu
F_o	[N]	ohýbací síla
k_1, k_2	[-]	koeficient průběhu ohýbací síly
f_t	[-]	součinitel tření
L_p	[dB]	hladina akustického tlaku
p	[Pa]	efektivní hodnota sledovaného akustického tlaku
p_0	[Pa]	referenční hodnota akustického tlaku
f	[Hz]	frekvence
U_z	[V]	zkušební napětí



a	[m/s ²]	zrychlení
m	[kg]	hmotnost
σ_o	[MPa]	napětí v ohybu
σ_{oc}	[MPa]	mez únavy v ohybu
λ	[m]	délka vlny
C	[%]	uhlík
Mn	[%]	mangan
P	[%]	fosfor
S	[%]	síra
d	[mm]	šířka záběru nože
m_s	[mm]	střížná vůle
e	[mm]	mezera mezi zakládací deskou a střížnicí
g	[mm]	vůle mezi střížníkem a střížnicí

1. Úvod

Mohlo by se zdát, že v dnešním světě aut, kde elektrika a elektronika hraje stále významnější roli, budou v popředí zájmu zákazníků nové propracované asistenční systémy, s kterými se automobilky předhánějí. Ovšem stále se na naší planetě najdou státy a zákazníci, kteří přes dohánění technické vyspělosti a akceptování nových systémů, se zaměřují na části vozu, lépe řečeno na díly, které považujeme v Evropě jako pomalu zbytečné a nad jejich funkčností často mávneme rukou. Takovým typickým dílem je houkačka. V zemích jako je například Indie, Čína, je tento díl jakýmsi dalším, a je nutné říct, dost podstatným dorozumívacím prostředkem mezi řidiči a staví se do popředí nároků zákazníka na jejich dokonalou funkčnost a nezávadnost. Již řada zkušeností se zákazníky například v Indii je taková, že jakmile zjistí závadu na houkačce, odstaví vozidlo a nepokračují v jízdě, protože se jim to v místním provozu zdá nebezpečné. Jelikož automobilový svět vidí budoucnost právě v těchto koutech světa, je kladen větší důraz na funkční dokonalost houkačky, což s sebou přináší vyšší náklady na vývoj a kvalitu komponentů, na druhou stranu se samozřejmě hledají místa, kde jinde by se vynaložené investice mohly uspořit. Tento „potenciál“ by mohl v sobě ukrývat držák houkačky.

Zadání bakalářské práce vzniklo na základě požadavku ŠKODA Auto a.s. optimalizovat držák houkačky (obr. 1.1) pro vůz Škoda Rapid, kde cíl práce je navrhnout tvarovou úpravu držáku houkačky bez nutnosti použití pružinového paketu (obr. 1.2), kde by v návaznosti na to došlo i k finanční úspoře na spojovacím materiálu.



Obr. 1.1: Sériový stav držáku



Obr. 1.2: Sériový stav držáku s houkačkou a pružinovým paketem – červeně vyznačena požadovaná oblast optimalizace

2. Teoretická část

Teoretické části bakalářské práce je zaměřena na technologie výroby, kterými bude sériový držák vyráběn, a to jsou technologie stříhání a ohýbání. Pro prototypovou výrobu držáků bude vytvořen v konstrukčním softwaru Catia rozvin dílu, podle kterého bude pomocí laseru vypálen požadovaný tvar a dále naohýbán do požadovaného tvaru na prototypové dílně.

2.1. Stříhání

Stříhání je tvářecí operací dělení materiálu, při které probíhá oddělování části materiálu působením protilehlých řezných hran způsobujících v řezné rovině smykové napětí. Materiál se může oddělovat postupně, nebo současně podél křivky stříhu. Proces stříhání má tři základní fáze [1, 2].

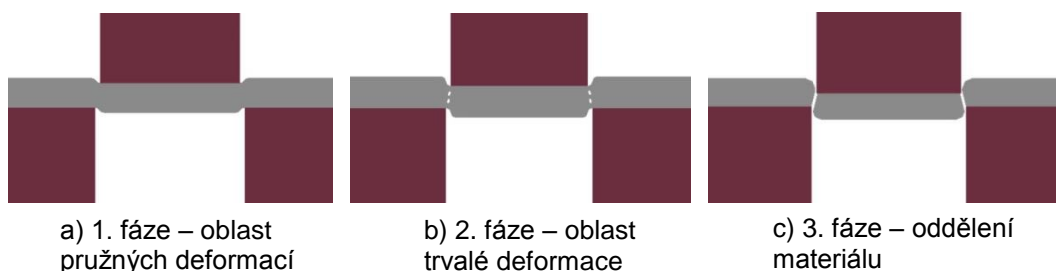
2.1.1. Princip stříhání

V první fázi (obr. 2.1a) po dosednutí střižníku dochází k pružnému vnikání do povrchu stříhaného materiálu. Hloubka vniku závisí na mechanických vlastnostech materiálu a bývá mezi 5 – 8 % tloušťky materiálu. Síly mezi hranami střižníku a střižnice způsobují nežádoucí ohyb [1].

Ve druhé fázi (obr. 2.1b) je napětí vnikání větší, než je mez kluzu kovu a dochází k trvalé plastické deformaci. Napětí na hranách střižníku a střižnice se blíží mezi pevnosti. Podle druhu kovu a jeho mechanických vlastností je hloubka plastického vniknutí 10 – 25 % tloušťky materiálu [1].

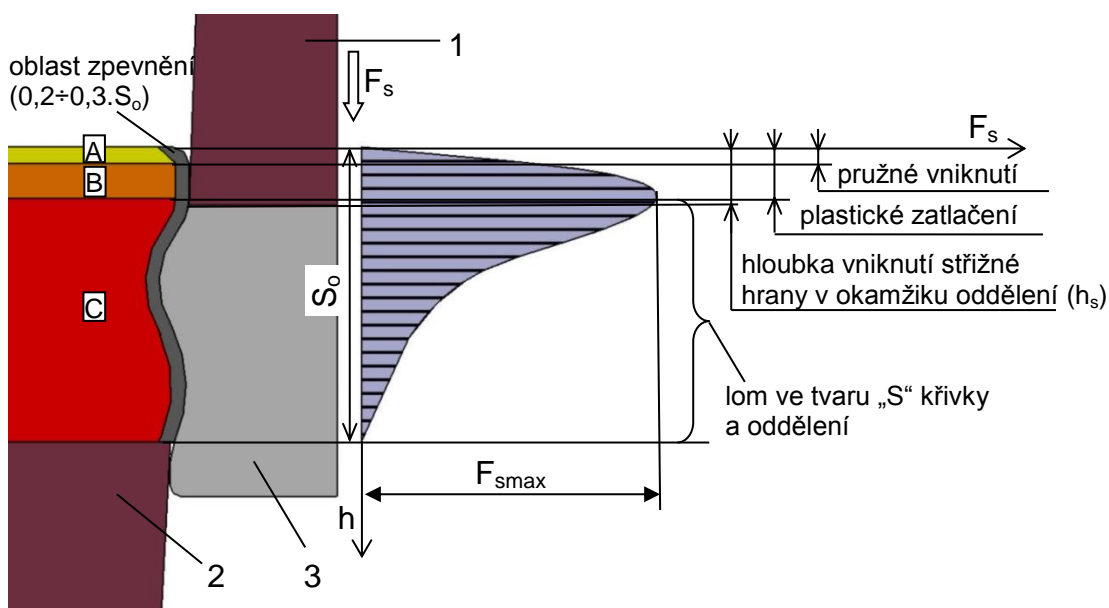
Ve třetí fázi (obr. 2.1c) dosáhne napětí meze pevnosti ve stříhu τ_s . Nejdříve vznikne tzv. nástřih, tj. vytvoření trhlinek, ty se rychle šíří, až dojde k oddělení (usmýknutí) výstřižku. Rychlost vzniku a postupu trhlin je závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a na velikosti střižné vůle. Obvyklá tloušťka oddělení materiálu bývá kolem 1/3 tloušťky materiálu viz obr. 2.2. V případě tvrdého křehkého materiálu je oddělen rychle při malém vniknutí střižných hran ca. 10 % tloušťky, u měkkého houževnatého

materiálu dojde ke vzniku trhlin a jeho šíření relativně pomalu, vniknutí střížných hran v okamžiku oddělení bývá až 60 % tloušťky [1].



Obr. 2.1: Základní fáze stříhání

Při stříhání s normální vůlí se trhliny po nástřihu šíří tak, že v okamžiku stříhu se setkají. Důsledkem malé či příliš velké střížné vůle je rozšíření pásma otěru na větší část střížné plochy. Velikost a rozdělení deformačních pásů střížné plochy při normální střížné vůli je znázorněn na obrázku 2.2 [1].



Obr. 2.2: Charakteristický průběh střížného procesu a střížné síly

A – pásmo pružné vniknutí (žlutá), B – pásmo plastické deformace (oranžová), C – pásmo lomu a oddělení (červená), 1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – stříhaný materiál

Charakteristický průběh střížné síly v závislosti na hloubce vniknutí střížníku je na obr. 2.2. Po krátké dráze elastického vniknutí břitu – napěchování kovu pod břitem dochází k plastické deformaci – přetvoření.

I když se střížná plocha zmenšuje, dochází vlivem lokálního zpevnění k plynulému nárůstu síly. Po vzniku nástřihu (první porušení trhlinami) nastává ještě mírný a plynulý pokles síly až po hloubku vniknutí h_s , kdy dojde k úplnému porušení lomem ve tvaru „S“ křivky a k následnému oddělení výstřížku s výrazným poklesem síly. Lokální snížení výrazného gradientu poklesu střížné síly je způsobeno vzájemným otěrem vytvořené „S“ plochy. Zpevněná oblast zasahuje do 20 až 30 % tloušťky plechu [1].

2.1.2. Rozdělení stříhání

Podle konstrukce nožů (střížníků) se stříhání dělí na [2]:

- Stříhání rovnoběžnými noži
- Skloněnými noži
- Kotoučovými noži
- Noži na profily a tyče

Stříhání rovnoběžnými noži

Ke stříhání rovnoběžnými noži je použit střížný nástroj, který se skládá ze střížníku a střížnice, mezi kterými je střížná vůle, resp. střížná mezera. Kromě speciálních způsobů stříhání, jako jsou například stříhání bez vůle, stříhání se zápornou vůlí, atd., nelze zkonstruovat nástroj bez mezery kvůli nebezpečí havárie. Na docílení kvalitního výstřížku je důležitá optimální vůle mezi střížníkem a střížnicí. Jednostranná vůle bývá od 3 do 10 % tloušťky plechu v závislosti na tloušťce a pevnosti materiálu (s rostoucí pevností se vůle zvětšuje) [2].

Stříhání šikmými noži

Stříhání šikmými, skloněnými noži, která při stříhání svírají určitý úhel, je výhodné proto, že se při tomto způsobu zmenší celková potřebná síla oproti stříhání na rovných nožích. Materiál je stříhán postupně. Pro velikost střížné síly bude rozhodující velikost střížné hrany a tloušťky – plochy trojúhelníku [2].

Podobně jako u jednoduchého rovného stříhání je i v tomto případě průběh okamžité síly možno regulovat, i když naproti tomu se celková práce,

vynaložená na stříhání zmenší. U nástrojů, stříhadel, složených ze střížníku a střížnice, používaných pro dva nejrozšířenější způsoby stříhání, tj. děrování a vystříhování, to lze provést dvěma způsoby [2]:

- použitím stříhadel se skoseným ostřím
- stupňovitým uspořádáním střížníku

Stříhadla se zkoseným ostřím jsou použity tehdy, když chceme zmenšit střížnou sílu, která je větší jak síla lisu. Na vystříhování se zkosení dělá oboustranné a to na střížnici, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Způsob oboustranného zešikmění vyrovnává síly na střížníku a nevychyluje jej z osy. Jednostranné zkosení střížníku je použito jen pro nastříhování. U děrování je střížnice rovná a střížník zkosený, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Při stříhání složitých tvarů se nedoporučuje provádět zkosení ostří [2].

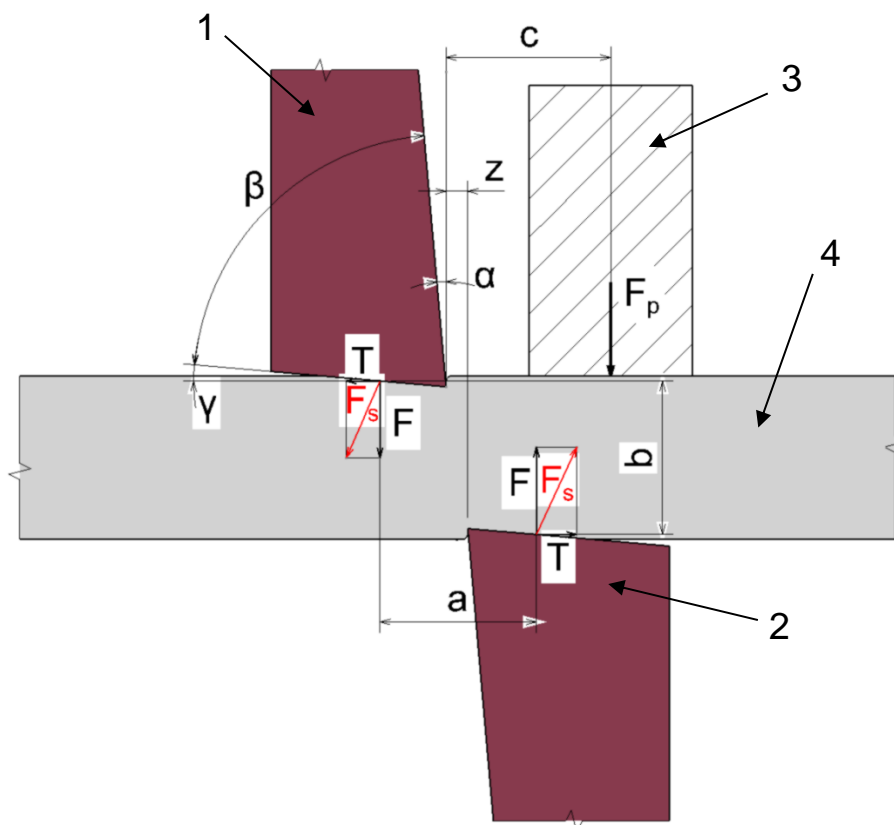
Do šikmého stříhu lze počítat i pákové nůžky, jejichž nože se pohybují úhlovým sklápěním. Protože sklápěním přímkových nožů se úhel λ mění, staví se často pákové nůžky s jedním nebo oběma noži obloukovými, takže úhel λ zůstává po střížné čáře konstantní [2].

2.1.3. Střížná síla a práce

Střížná síla a práce pro rovnoběžné nože

V důsledku mezery mezi střížníkem a střížnicí střížné síly nepůsobí při skutečném procesu ideálně v jedné rovině, kdy střížná síla se rozkládá na složku třecí (T) a normálovou (F) (obr. 2.3), což způsobuje jednak vznik ohybových momentů a jednak vznik jednotlivých pásem na konečném výrobku polotovaru [2].

Moment $M_p = F \cdot a$ (1) se snaží materiál natočit, čemuž je možné zabránit použitím přidržovače, klopný moment $M_T = T \cdot b$ (2) je možno zmenšit zvětšením úhlu čela γ . Sílu přidržovače je určena ze vztahu $F \cdot d = F_p \cdot c$ (3) kde d je 1,5 až 2 násobek střížné mezery. Složka síly T se snaží od sebe nože oddálit a nastává jejich ohyb (nebezpečí zlomení) [2].



Obr. 2.3: Princip a silové rozložení u stříhu s rovnoběžnými noži [2/

1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – přidržovač, 4 – stříhaný materiál,
α – úhel hřbetu, β – úhel břitu, γ – úhel čela

Velikost střížné síly při stříhu se vypočítá ze vztahu [2]:

$$F_s = (1,1 \div 1,3) \cdot O \cdot t \cdot \tau_s \text{ [N]} \quad (4)$$

kde je:

- t ... tloušťka plechu [mm]
- O ... střížný obvod [mm]
- τ_s ... napětí ve smyku; pro ocel – $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ [MPa]

Protože napětí ve smyku, stříhová pevnost, je hodnota závislá od poměrného vtlačení nože do materiálu, vzorec nebude platit v plném rozsahu střížného procesu, ale střížná síla (4) se bude měnit od nuly po určité maximum a zpět na nulu (obr. 2.2), což závisí samozřejmě na tloušťce materiálu, méně na střížné mezeře. Při skutečném stříhání nevzniká čistý smyk, ale kombinované namáhání, nože se otupují, proto se skutečná střížná síla zvýší o 10 až 30 %. Střížná práce (5) se bude rovnat ploše pod křivkou a je závislá na střížné mezeře [2].

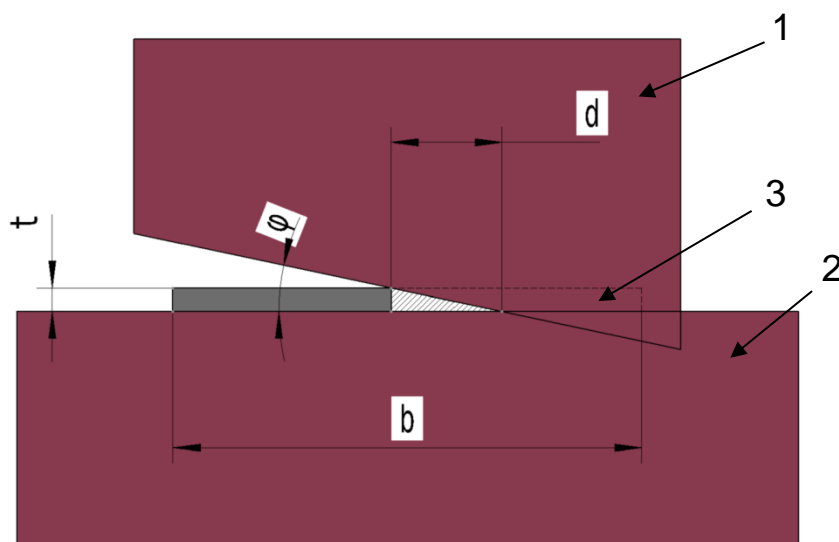
$$A = F_s \cdot k \cdot z \quad [\text{J}] \quad (5)$$

kde je:

- k ... koeficient zaplnění plochy pod křivkou
z ... zdvih [mm]

Střížná síla a práce pro šikmé nože

Vypočítaná síla zůstává konstantní, když nastane záběr nože v celé tloušťce. Velikost střížné síly (6) začne klesat, když nože odchází ze záběru a nakonec klesne na nulu [2].



Obr. 2.4: Stříhání skloněnými, šikmými noži [2]

1 – horní pohyblivý nůž, 2 – dolní pevný nůž, 3 – stříhaný materiál,
b – délka stříhu, d – šířka záběru nože, t – tloušťka materiálu, φ – úhel stříhu

$$F_s = (1,1 \div 1,3) \cdot t \cdot \tau_s \cdot b = \frac{(1,1 \div 1,3) \cdot t^2 \cdot \tau_s}{tg \varphi} \quad [\text{N}] \quad (6)$$

kde je:

- t ... tloušťka plechu [mm]
b ... délka stříhu – $b = \frac{a}{tg \varphi}$ [mm]
φ ... úhel stříhu, úhel sklonu nožů (2 až 6° pro tabulové nůžky, 7 až 20° pro pákové nůžky)
 τ_s ... napětí ve smyku; pro ocel – $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ [MPa]

Potřebnou velikost práce lze vypočítat ze vztahu (7) a je opět rovna ploše pod křivkou. Při porovnání střížné síly a velikosti práce při stříhání rovnými a šikmými (obr. 2.4) noži je jasně patrné, že stříhání se šikmými noži je výhodnější, neboť pro stejnou tloušťku plechu a délku stříhu je potřeba mnohem menší síla, než u rovných nožů, ale na druhou stranu budeme stříhat po delší dráze. Zmenšení střížné síly podstatně zmenšuje rázy [2].

$$A = F_s \cdot k \cdot z = F_s \cdot k \cdot b \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad [\text{J}] \quad (7)$$

kde je:

- k ... koeficient zaplněné plochy pod křivkou
- z ... zdvih [mm].

2.1.4. Přesné stříhání

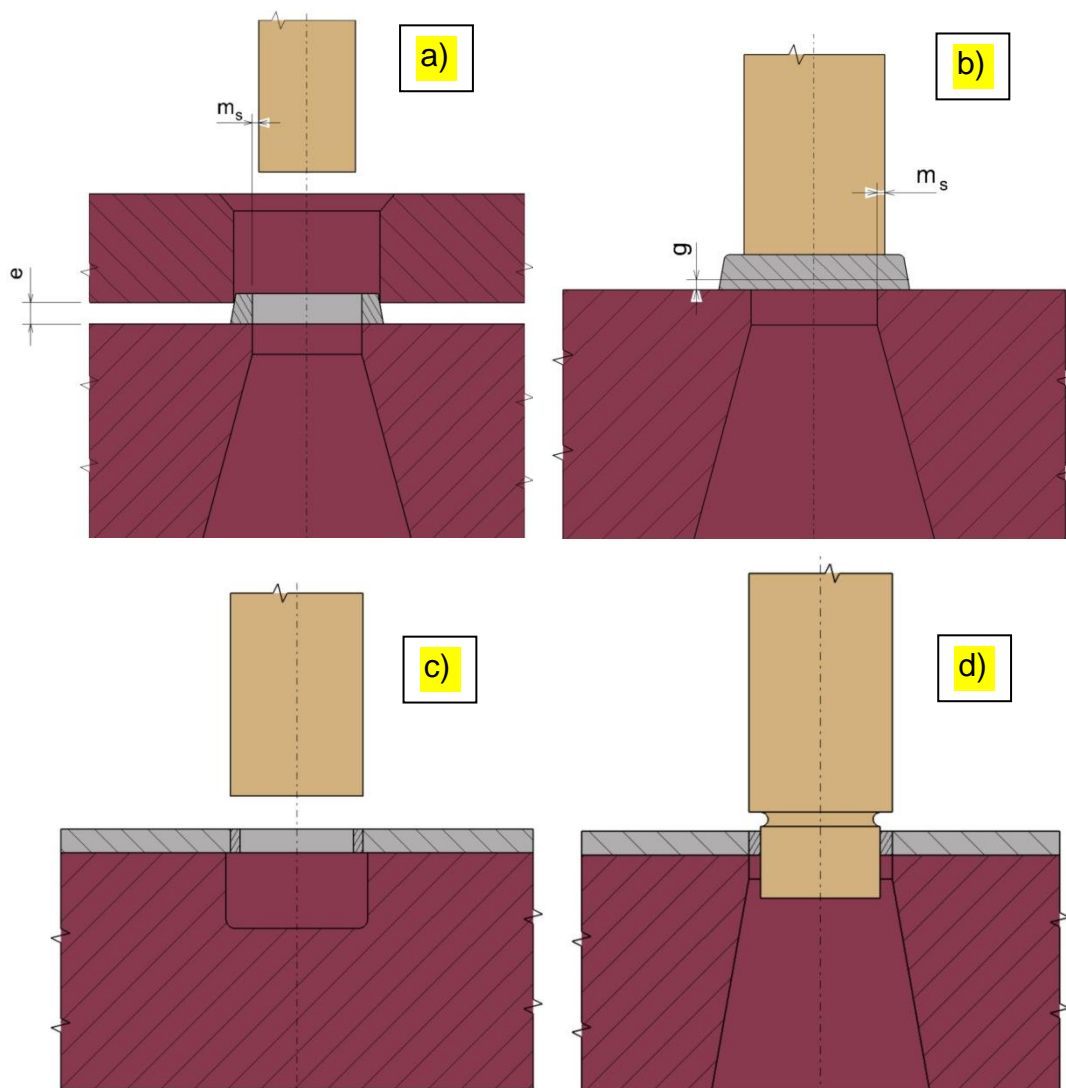
Při popsaných metodách má střížná plocha i vystřižený kus určitou standartní jakost. Jedná se o drsnost povrchu střížné plochy a přesnost střížných rozměrů [2].

Aby bylo možno stříhané díly používat přímo na montáž bez dalších úprav, snažili se technologové vylepšit střížný proces. Všechny metody, zlepšující jakost povrchu střížné plochy a zpřesňující stříhané rozměry se uvádějí pod společným označením – přesné stříhání [2].

Pro kvalitu výstřížku je velmi důležitá vůle (mezera) mezi střížníkem a střížnicí, neboť se zmenšující se mezerou se eliminují tahové složky napětí od ohybového namáhání a napjatost se blíží čistému smyku [2].

V zásadě metody přesného stříhání lze rozdělit na výrobu výstřížku [2]:

- v jedné operaci, a to na stříhání bez vůle, stříhání s přidržovačem, stříhání s nátláčnou hranou, stříhání s nátláčnou hranou a protitlakem, reverzní stříhání, stříhání se zápornou vůlí, stříhání na lisech ESSA,
- ve dvou operacích, a to na přistříhování (obr. 2.5), vibrující střížník.



Obr. 2.5: Přistřihování /3/

a) s kladnou vůlí, b) se zápornou vůlí, c) přistřihování otvoru, d) děrování otvoru
s přistřihováním, m_s – střížná vůle, e – mezera mezi zakládací deskou a střížnicí, g – vůle
mezi střížníkem a střížnicí

2.2. Řezání laserem

Pro výrobu prototypových vzorků byla zvolena technologie řezání laserem a to z důvodu časového, kde výroba prototypového náradí pro stříhání by byla časově náročnější a hlavně z hlediska finančního, jelikož konstrukce a výrobní cena takového náradí je dražší oproti použití technologie řezání laserem, kde navíc touto výrobní laserovou technikou disponuje přímo vývojové centrum Škoda Auto a.s.

Laser je moderní progresivní přesná technologie pro dělení především konstrukčních, nerezových a dalších ocelí do tloušťky cca 25 - 30 mm.

Laserové řezání je díky průběžně se rozvíjející technologii stále levnější a přitom stále přesnější a kvalitnější [4].

Základem každého řezacího systému je zdroj laserového svazku tzv. rezonátor. Paprsek je z rezonátoru systémem zrcadel doveden až k řezací hlavě nesené na portálu řezacího stolu. Dnes užívané CNC stoly určené pro řezání ve 2D jsou v zásadě dvou koncepcí - s tzv. hybridní optikou, kdy v jedné ose vykonává pohyb upnutý materiál a v druhé se pohybuje řezná hlava nebo s tzv. létající optikou, kdy pohyb v obou osách vykonává řezná hlava. V řezné hlavě je paprsek zaostřen do technologicky přesně definovaného ohniska závislého na typu a tloušťce materiálu. Působením soustředěné energie laserového paprsku je řezaný materiál [4]:

- taven a řezná spára je průběžně "profukována" asistenčním plynem nejčastěji dusíkem - tzv. **"tavné řezání"** (čisté nezoxidované lesklé řezy)
- taven a zároveň spalován kyslíkem coby asistenčním plynem při tzv. **"oxidačním řezání"** (řezy s patrnou stopou oxidace)
- případně je taven a odpařován při méně používaném **řezání "sublimačním"**.

Moderní řezací systémy (obr. 2.6) navíc umožňují průběžně plynule měnit výkon laseru, rychlost posuvu a další parametry, jejichž optimální kombinace umožňuje stále přesnější a detailnější řezání se stále menším teplotním dopadem na výrobek i okolní materiál. Možnosti jednotlivých řezacích strojů jsou dány především elektrickým výkonem rezonátoru, který se dnes pohybuje obvykle mezi 1200 – 4000 W, a technickou vyspělostí pracoviště. Každopádně horní hranice technologických možností kvalitního laserového řezání pro běžnou průmyslovou praxi leží dnes v rozmezí tloušťky materiálu 25 – 30 mm a dle úvah odborníků z výzkumu i praxe se pravděpodobně nebudou do budoucna již výrazněji posunovat. Dnes je vývoj zaměřen především na pohybovou dynamiku strojů, díky které je pak využita vysoká absolutní rychlost laserového řezání i na menších dílcích a dílcích složitých tvarů či s mnoha otvory, čímž se výrazně zkracují výrobní časy [4].

Obecně lze řezat jakékoli tvary, které je možno přenést do počítačového kreslicího CAD programu. Program pro zpracování řezacích kódů pracuje jako nadstavba na vlastní CAD modul. Proto je potřeba vždy zadávané tvary přenést do CADového formátu. Optimální je zadání souborů *.dxf. Oproti stavu před několika lety, kdy bylo problémem řezat ostré "špičky", menší otvory apod. je dnes tvarových omezení daleko méně, nejčastější jsou tyto [4]:

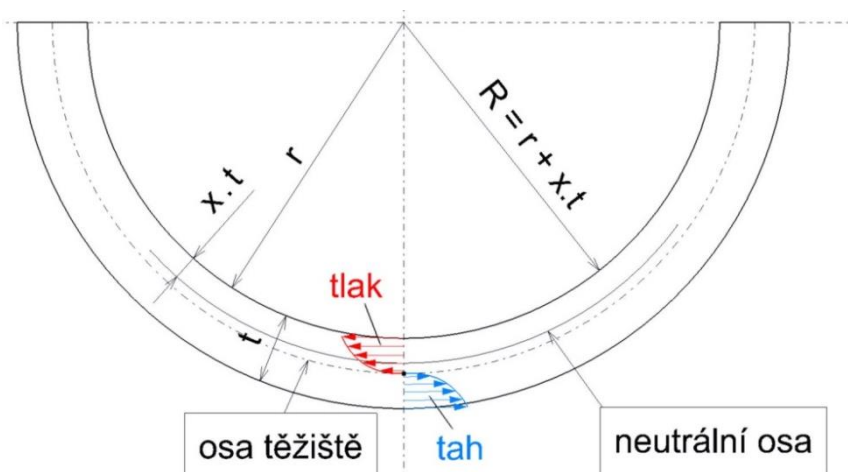
- Laserový zaostřený paprsek má při řezu kruhový průřez o průměru cca do 0,5 mm, takže vnitřní rohy a vnitřní ostré úhly jsou zaobleny většinou však zanedbatelným rádiusem maximálně 0,3 mm, vnější rohy mohou být zcela ostré. Do hodnoty cca 0,5 mm se rovněž pohybuje šířka řezné spáry.
- Veškerá ostatní tvarová omezení vycházejí z množství tepla vneseného do materiálu při řezání a tedy stupně natavení materiálu a následných deformací. Obecně lze říci - čím tenčí plech, tím rychlejší řezání a tudíž méně tepla a méně omezení tvarů
- Otvory lze řezat do černých plechů o minimálním průměru rovném cca 0,8 až jednonásobku tloušťky materiálu, do nerezů lze řezat i otvory menší již od cca 0,5 násobku tloušťky. Toto pravidlo přiměřeně platí i pro otvory jiných tvarů. Ve speciálních případech lze testovat i řezání otvorů menších, záleží na materiálu, hustotě otvorů apod.



Obr. 2.6: Řezání laserem /5/

2.3. Ohýbání

Ohýbání je trvalé přetváření materiálu, při němž se pod vlivem lokálních sil nebo ohybových momentů mění křivost součástí z plechu, tyčí a drátů. Materiál je deformován do různého úhlu s menším nebo větším zaoblením hran. Materiály tvrdé křehké a průřezy o velkém modulu odporu proti ohybu se ohýbají kovářským způsobem za tepla. K ohýbání jsou použity nástroje zvané ohýbadla, která se skládají z ohybníku a ohybnice. Výrobkem je výlisek nebo ohybek. Ohnutí výrobku do požadovaného tvaru využívá zákonů plasticity, tzn. překročením meze kluzu dosáhneme oblasti plastické deformace. Plastická deformace je doprovázena deformací elastickou, která způsobuje odpružení [1, 2].

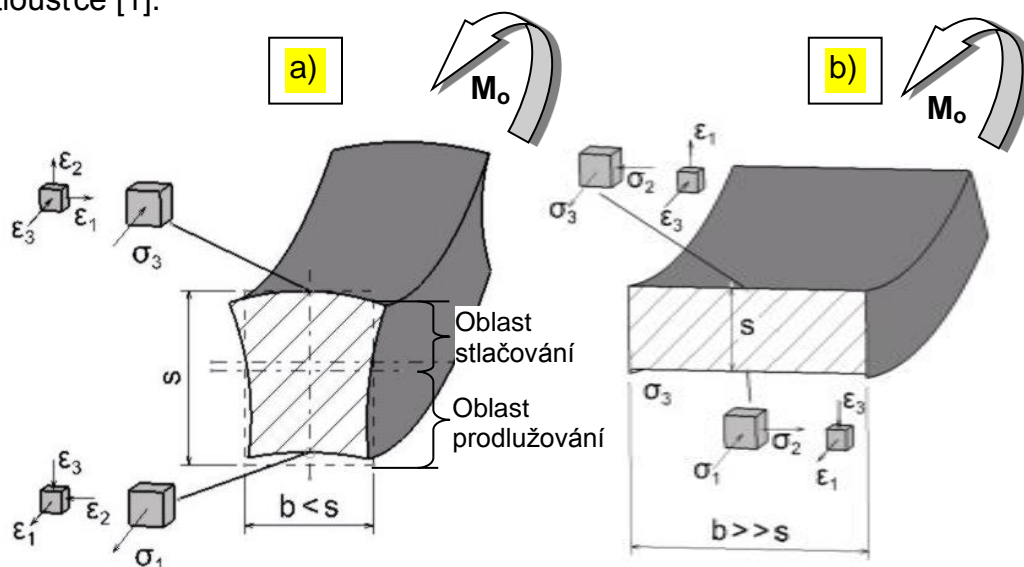


Obr. 2.7: Rozložení a velikost napětí v materiálu /2/

2.3.1. Deformace, neutrální osa

Průběh napjatosti a deformace se dají dobře sledovat na jednoduchých případech ohybu tyčí a pásů (obr. 2.7). Při ohýbání tyčí obdélníkového průřezu (obr. 2.8a), kdy šířka je menší než tloušťka, dochází k deformaci průřezu. Vrstvy kovu na vnitřní straně ohybu jsou v podélném směru stlačovány, zkracovány a roztahovány v příčném směru. Vrstvy kovu na vnější straně ohybu se roztahují a prodlužují v podélném a stlačují v příčném směru. Při ohýbání širokých pásů (obr. 2.8b), plechů ($b \geq 3s$) je zabráněno deformaci průřezu v příčném směru, protože proti těmto

deformacím působí odpor materiálu velké šířky vzhledem k jeho malé tloušťce [1].



Obr. 2.8: Napjatost a deformace v ohýbaném materiálu podle osy ohybu /1/

V okolí střední části průřezu ohýbaného materiálu jsou tahová napětí malá a vyskytuje se zde toto napětí nižší, než je mez kluzu příslušného materiálu. V přechodu mezi vrstvou prodlužovanou a vrstvou stlačovanou se nachází spojnice, která se nazývá tzv. neutrální osou, ve které není napětí a která se při ohýbání ani neprodlouží ani nezkrátí. Neutrální osa je na začátku uprostřed průřezu, ale se vzrůstajícím zakřivením se přesunuje ze středu k vnitřnímu povrchu ohýbaného průřezu. Není tedy totožná s osou těžiště ohýbaného materiálu [2].

Délku neutrální osy je nutné vědět pro případný výpočet délky polotovaru před ohybem. Délka polotovaru se určí součtem délek rovinných úseků + délky neutrálních os. U tenkých plechů není tento rozdíl patrný, ale při ohýbání tlustých plechů se však s tímto musí počítat [2].

2.3.2. Odpružení

Ohýbání za studena doprovází pružné deformace kolem neutrální osy, které jsou vratné a po ukončení ohybu a odlehčení způsobují odpružení. V důsledku odpružení výsledný tvar ohýbané součásti nesouhlasí s tvarem ohýbadla. Velikost odpružení závisí na tvárnosti materiálu, poloměru ohybu a způsobu ohýbání. Bývá v rozsahu 3 až 15°. Eliminace odpružení je možné řešit různými způsoby [1, 2]:

- a) Při konstrukci a výpočtu ohýbacích nástrojů se musí počítat a navrhnout s korekcí o úhel odpružení, materiál se ohne více o úhel odpružení γ a po odlehčení bude úhel výlisku dle požadované hodnoty
- b) Použitím kalibrace, tj. zvětšení lisovací síly na konci lisovacího cyklu, dochází k místní plastické deformaci v místě ohybu a hodnota odpružení se snižuje, až případně vymizí úplně
- c) Použití prolisů na výlisku, tímto způsobem se odpružení téměř úplně odstraní.

2.3.3. Minimální poloměr ohybu

Pružný plastický ohyb lze provádět až do minimálního poloměru ohybu R_{\min} . Další zmenšení poloměru ohybu vede k porušení na vnější tahové straně. Rozhodující pro ohýbání je tečné tahové napětí v krajních vláknech. Po dosažení meze pevnosti v tahu R_m , dochází k porušení lomem. Vzorec pro minimální poloměr ohybu (8) je [1]:

$$R_{\min} = t \cdot c \quad [\text{mm}]$$

kde je: (8)

- c ... součinitel tvářitelnosti (dle mat., např. měkká ocel 0,5 až 0,6)
- t ... tloušťka materiálu [mm]

2.3.4. Maximální poloměr ohybu

Maximální poloměr ohybu je takový, při němž v krajních vláknech na tahové straně dojde k počátku nevratné – trvalé plastické deformaci. V jiném případě by došlo k vratnému pružnému ději a ohýbaný materiál by se narovnal. Vzorec pro maximální poloměr ohybu (9) na vnitřním poloměru je [1]:

$$R_{\max} = \frac{t}{2} \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) \quad [\text{mm}] \quad (9)$$

kde je:

- t ... tloušťka materiálu [mm]
- E ... Youngův modul [MPa]
- R_e ... výrazná mez kluzu [MPa]

Praskání materiálu (vznik trhlin na vnější straně) nastane v momentě, kdy dojde k překročení kritické hodnoty poloměru ohybu R/t , což může být způsobeno jednak zpevněním materiálu, jednak stavem materiálu (žíhaný, tvářený za studena, apod.) a jednak průběhem vláken (viz. obr. 2.7). Osa ohybu by měla být kolmá na směr vláken materiálu (odpružení je ale větší) nebo minimálně pod úhlem 30° . Je-li potřeba provést ohyby, které jsou vůči sobě navzájem kolmé, potom je účelné, aby vlákna materiálu ležela šikmo k ose ohybu, pokud možno pod úhlem 45° . U stříhaných polotovarů musí být otřep na vnitřní straně ohybu nebo je nutné ho odstranit broušením [2, 6].

2.3.5. Konstrukční řešení ohýbadel

Správná konstrukce ohýbacích nástrojů – ohýbadel rozhoduje o kvalitě ohybu součástí. Základní konstrukční a technologické parametry pro ohýbání jsou do tvaru „V“ a „U“ (obr. 2.9 a obr. 2.10). Základní sestava ohýbadla sestává z pohyblivého ohybníku 1, který je upevněn v beranu. Poloměr zaoblení ohybníku R je dán tvarem ohýbané součásti a je nutno respektovat jeho minimální hodnotu v poměru k tloušťce ze vztahu minimálního poloměru ohybu (8). Poloměr zaoblení hrany R_1 ohybnice 2 má vliv na ohýbací sílu a na jakost ohýbané součásti. Čím jsou poloměry hran ohybnice menší, tím větší je ohýbací síla [1].

2.3.6. Výpočet síly a práce pro ohyb

Výpočet síly a práce pro ohyb do tvaru „V“

Pro výpočet síly pro ohyb ve tvaru „V“ je dle normy ČSN 22 7340 uváděn vztah (10) [7]:

$$F_o = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{2 \cdot R} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{ [N]} \quad (10)$$

kde je:

- b ... šířka materiálu [mm]
- R ... poloměr zaoblení ohybníku [mm]
- t ... tloušťka materiálu [mm]
- α ... vrcholový úhel $^\circ$
- R_e ... mez kluzu [MPa]

Práce pro ohyb do tvaru „V“ je dle vztahu (11) [2]:

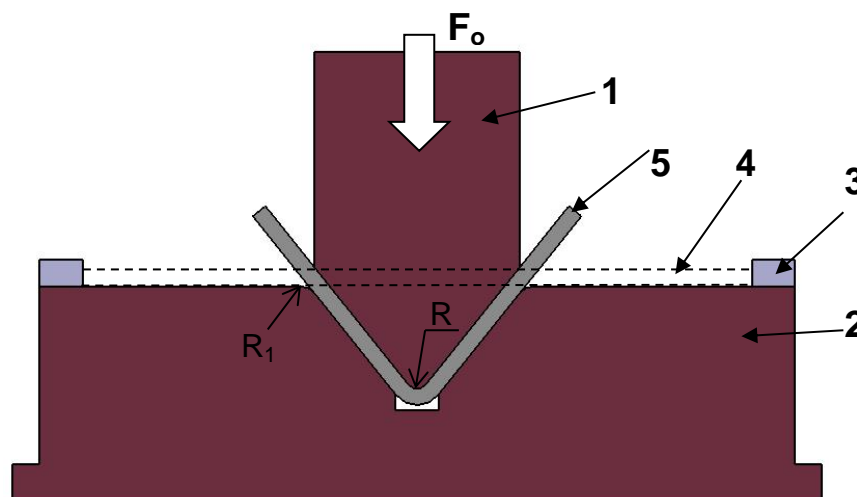
$$A = F_o \cdot k_1 \cdot h \quad [\text{J}] \quad (11)$$

kde je:

F ... ohýbací síla (pro kalibraci $F_c = 2 \cdot F$) [N]

h ... zdvih (koncová poloha) [m]

k_1 ... koeficient průběhu F ($k_1 = 1/3$)



Obr. 2.9: Schéma nástroje k ohýbání do tvaru „V“ /1/

1 – ohybník, 2 – ohybnice, 3 – doraz, 4 – polotovár, 5 - ohybek

Výpočet síly pro ohyb do tvaru „U“

Pro výpočet síly pro ohyb ve tvaru „U“ je dle normy ČSN 22 7340 uváděn vztah (12) [7]:

$$F_o = (1 + 7 \cdot f) \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{R + t} \quad [\text{N}] \quad (12)$$

kde je:

b ... šířka materiálu [mm]

R ... poloměr zaoblení ohybníku [mm]

t ... tloušťka materiálu [mm]

f_t ... součinitel tření [-], volí se 0,3

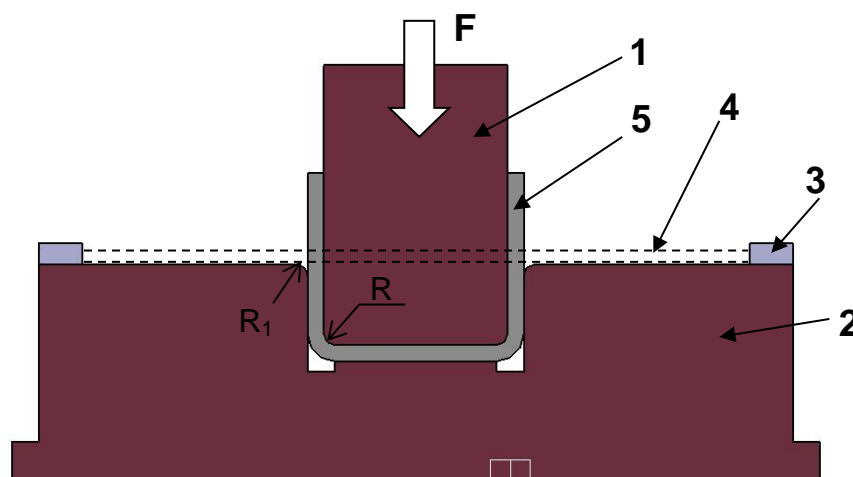
R_e ... mez kluzu [MPa]

Práce pro ohyb do tvaru „U“ je dle vztahu (13) [2]:

$$A = F \cdot k_2 \cdot h \quad [\text{J}] \quad (13)$$

kde je:

- F ... ohýbací síla (pro kalibraci $F_c = F + F_p$) [N]
 F_p ... síla přidržovače ($F_p = 0,25$ až $0,30 F_u$) [N]
 h ... zdvih (koncová poloha) [m]
 k_2 ... koeficient průběhu F ($k_2 = 2/3$)



Obr. 2.10: Schéma nástroje k ohýbání do tvaru „U“ /1/

1 – ohybník, 2 – ohybnice, 3 – doraz, 4 – polotovár, 5 - ohybek

2.3.7. Technologické postupy ohýbání

Základní rozdělení technologických postupů podle stroje je následující:

- Ohýbání ruční
- Ohýbání na lisech
- Ohýbání na válcích

Ohýbání ruční na ručních strojích, ohýbačkách

Všechny ohýbací operace není vhodné a ani možné dělat na lisu, tudíž musí být ohýbány ručně (obr. 2.11). Materiál určený k ohybu je položen na stůl stroje a urovnán na zarážku. Potom je sevřen u ohybové hrany. Hrana je na nástroji tvořena vyměnitelnou kalenou lištou. Po sevření se materiál ohýbá odklápěním desky v celé délce najednou o libovolný úhel

rovněž předem nastavitelný drážkou. Ke stroji bývá dodávána řada různých pomocných zařízení [2].



Obr. 2.11: Ruční ohýbačka plechu /8/

Ohýbání na lisech

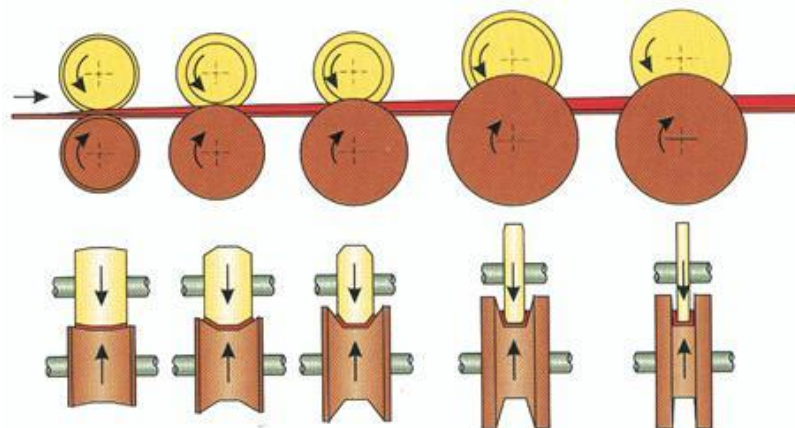
Je nejčastěji používaný technologický postup pro sériovou výrobu, materiál je ohýbán v ohýbacím nástroji, ohýbadle, kterého pohyblivá část vykonává přímočarý vratný pohyb. Toto ohýbání se dělá na mechanických nebo hydraulických (obr. 2.12) lisech, nebo na speciálních strojích, což je závislé na vlastním technologickém procesu. Ohýbadla pro aplikaci na lis se stavějí v porovnání s ostatními nástroji, dosti jednoduchá, často nemívají ani vlastní vedení [2].



Obr. 2.12: Hydraulický lis /9/

Ohýbání na válcích

Tento technologický postup je sestaven tak, že nástrojem (obr. 2.13) jsou samotné válce, které vykonávají otáčivý pohyb [2].



Obr. 2.13: Ohýbání na válcích /2/

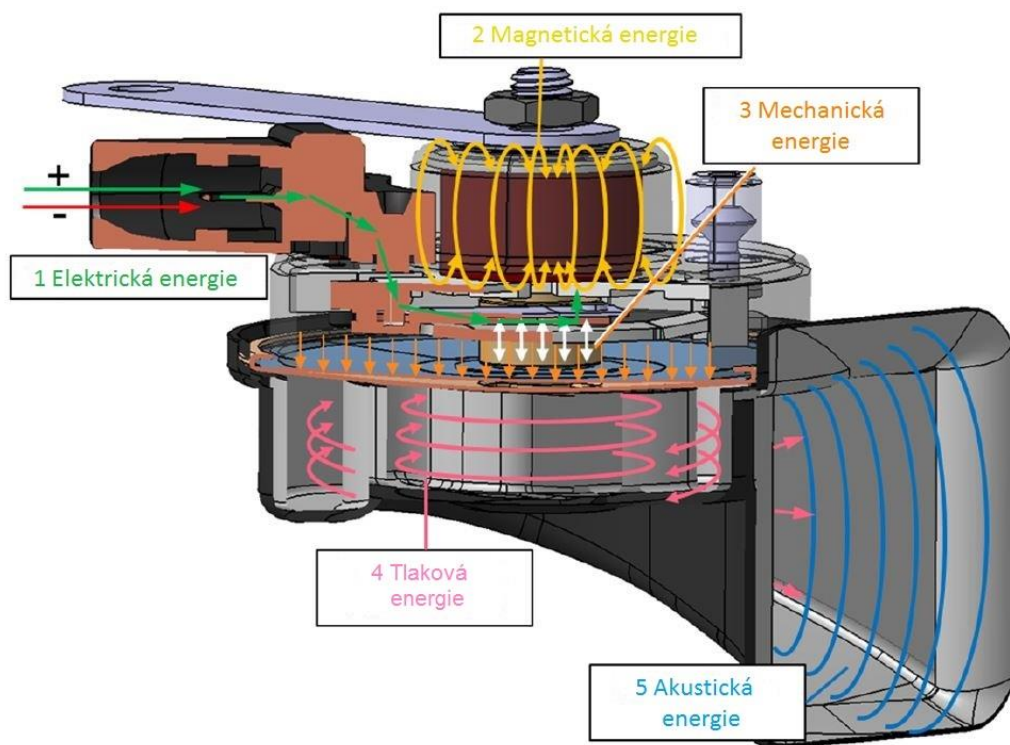
2.4. Akustika

2.4.1. Jak funguje houkačka

Od stlačení spínače volantu až po vydání akustického tlaku houkačky proběhne pět přeměn energie (obr. 2.14). Z elektrické energie přes magnetickou, mechanickou, tlakovou až po akustickou.

Když je spínač houkačky, jenž je umístěný na volantu stlačen, je přiveden stejnosměrný proud z baterie přes konektor houkačky k cívce, která generuje elektromagnetickou sílu. Silovým působením magnetického pole je kotva přitažena a membrána se dá do pohybu. Když je kotva v určité pozici, dojde k rozpojení kontaktu. Dojde-li k rozpojení kontaktu, je přerušeno proudění elektrické energie a přitahování zmizí. Pružností membrány se kotva vrátí do původní polohy, tím opět dojde ke spojení kontaktu. Tento proces, kdy dochází k vibraci membrány a generování zvuku je opakována přibližně 400x za sekundu. Tón houkačky lze v určitém rozmezí seřídit dorazovým šroubem, omezujícím zdvih kotvy. Číslo opakování označuje základní frekvenci, která určuje intenzitu zvuku. V našem konkrétním případě je základní frekvence vysokotónové houkačky $f = 500 \text{ Hz}$ a nízkotónové houkačky $f = 400 \text{ Hz}$.

Opakující se vibrace jsou převedeny na zvuk ve zvukovodu, ve kterém je tento zvuk zesílen.



Obr. 2.14: Přeměna energií v houkačce

2.4.2. Co je zvuk

Zvukem se nazývají všechny změny tlaku (ve vzduchu, vodě či jiném prostředí), rozeznatelné lidským uchem. Nejběžnějším přístrojem k měření změn tlaku vzduchu je barometr. Změny tlaku, související se změnami počasí, jsou však tak pomalé, že je lidský sluch nerozpozná, a proto nemohou být nazývány zvukem. Rychlejší změny tlaku, tj. změny tlaku, probíhající rychleji než dvacetkrát za sekundu, jsou však rozeznatelné sluchem a plným právem se tedy nazývají zvukem. Je třeba poznamenat, že zmíněný barometr nestačí správně reagovat na rychlé změny tlaku a k měření zvuku proto není vhodný [10].

Počet změn tlaku za jednotku času určuje kmitočet zvuku, jehož mezinárodně užívanou jednotkou je Hz. Kmitočet je veličinou, umožňující popis tonálních vlastností zvuku. Hřmění vzdálené bouřky je příkladem zvuku s nízkým kmitočtem, zatím co píšťala vydává zvuk s vysokým kmitočtem. Kmitočtový rozsah sluchu zdravého mladého člověka sahá přibližně od 20 do 20 000 Hz (20 kHz), zatím co rozsah takového klavíru je určen nejnižšími a nejvyššími tóny s kmitočty 27,5 a 4186 Hz [10].

Tlakové změny se šíří pružným prostředím (například vzduchem) od zdroje zvuku ke sluchovému orgánu posluchače. Pojem rychlosti šíření zvuku a její přibližná hodnota jsou lidem známi již od školních let z běžně používaného způsobu určení vzdálenosti bouřky, kdy mezi zablesknutím a zvukem hromu se počítá doba 3 s na vzdálenost 1 km. Tato přibližná hodnota odpovídá rychlosti šíření zvuku 1238 km/h. V akustice se však zpravidla rychlost šíření zvuku udává v m/s, tj. 344 m/s při normální pokojové teplotě [10].

Na základě znalosti kmitočtu a rychlosti šíření zvuku je možno jednoduše vypočítat jeho vlnovou délku, tj. fyzikální vzdálenost mezi jednotlivými periodicky se opakujícími maximy či minimy tlaku [10].

$$\text{Délka vlny } (\lambda) = \frac{\text{rychlost šíření vzduchu } \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]}{\text{kmitočet [Hz]}} \quad [\text{m}] \quad (14)$$

Pomocí uvedeného vztahu (14) je možno určit délku vlny zvuků s různými kmitočty. Například, šířící se ve vzduchu zvuk s kmitočtem 20 Hz má vlnovou délku přibližně 17 m, zatím co délka vlny zvuku s kmitočtem 20 kHz, je v tomtéž prostředí pouze 1,7 cm. Obecně tedy platí, že zvuky s vysokými kmitočty mají malou vlnovou délku, zatím co délka vlny zvuků s nízkými kmitočty je velká [10].

Zvuk, jehož změny tlaku probíhají s jediným kmitočtem, se nazývá čistým tónem. Čisté tóny se v praxi vyskytují jen zřídka a většina zvuků obsahuje složky s různými kmitočty. Dokonce jednotlivé tóny klavíru mají složitý tvar vlny a obsahují řadu složek. Hluk většinou obsahuje celou řadu složek s různými kmitočty a má tedy povahu širokopásmového šumu. Hluk, jehož složky jsou rovnoměrně rozloženy v pásmu akustických kmitočtů, se často nazývá bílým šumem. Sluchový vjem takového akustického signálu je obdobný vjemu zvuku, působeného proudící vodou [10].

Další veličinou, sloužící k popisu a hodnocení zvuku, je amplituda odpovídajících změn tlaku. Nejslabší zvuk, zaznamenaný nepoškozeným lidským uchem, je charakterizován akustickým tlakem dvaceti milióntin základní jednotky tlaku 1 Pa, tj. 20 μPa . Tato hodnota je 5 000 000 000x menší než normální barometrický tlak. Změna tlaku s hodnotou kolem

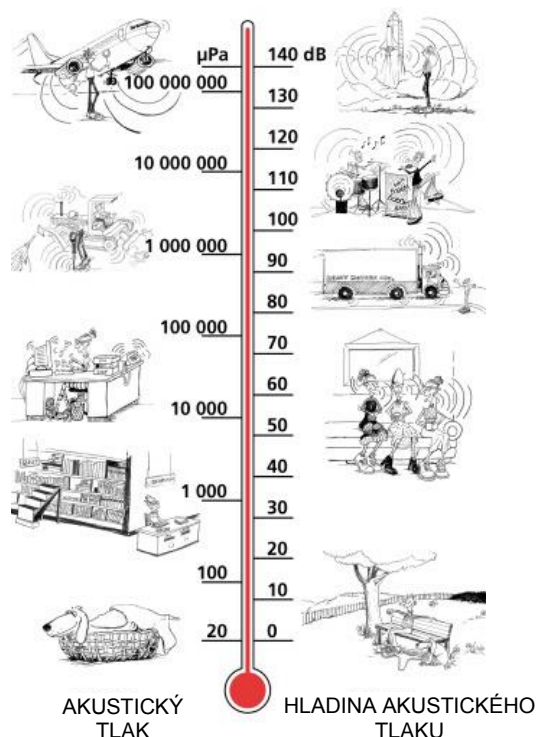
20 μPa je tak malá, že vyvolává výchylku ušního bubínku, jež je menší než průměr jediné molekuly vodíku. Naproti tomu je překvapivé, že lidský sluch je schopen snášet akustický tlak s hodnotami více než milionkrát většími. Z toho vyplývá, že vyjadřování amplitudy zvuku pomocí základních jednotek [Pa] akustického tlaku vede k nepřehledným číselným údajům a proto se v akustice běžně používá logaritmický přepočít (15), z kterého vycházejí hladiny akustického tlaku s jednotkami v decibelech [10, 11].

Decibel není absolutní, ale relativní jednotkou, vztaženou k dohodnuté vztažné (referenční) hodnotě. Logaritmická decibelová stupnice (obr. 2.15) má jako výchozí bod (vztažnou či referenční hodnotu) prahovou hodnotu akustického tlaku, tj. 20 μPa . Tomuto bodu odpovídá hladina 0 dB. Každému zdesateronásobení akustického tlaku v Pa odpovídá zvýšení hladiny o 20 dB a tedy akustickému tlaku 200 μPa odpovídá hladina 20 dB vzhledem k 20 μPa , tlaku 2000 μPa hladina 40 dB atd. Logaritmická stupnice s dB tedy komprimuje rozsah 1 000 000 : 1 do rozsahu 0 – 120 dB [10].

$$L_p = 20 \cdot \log \left(\frac{p}{p_0} \right) \text{ [dB]} \quad (15)$$

kde je:

- p ... efektivní hodnota sledovaného akustického tlaku [Pa]
 p_0 ... referenční hodnota (pro vzduch $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$) [Pa]

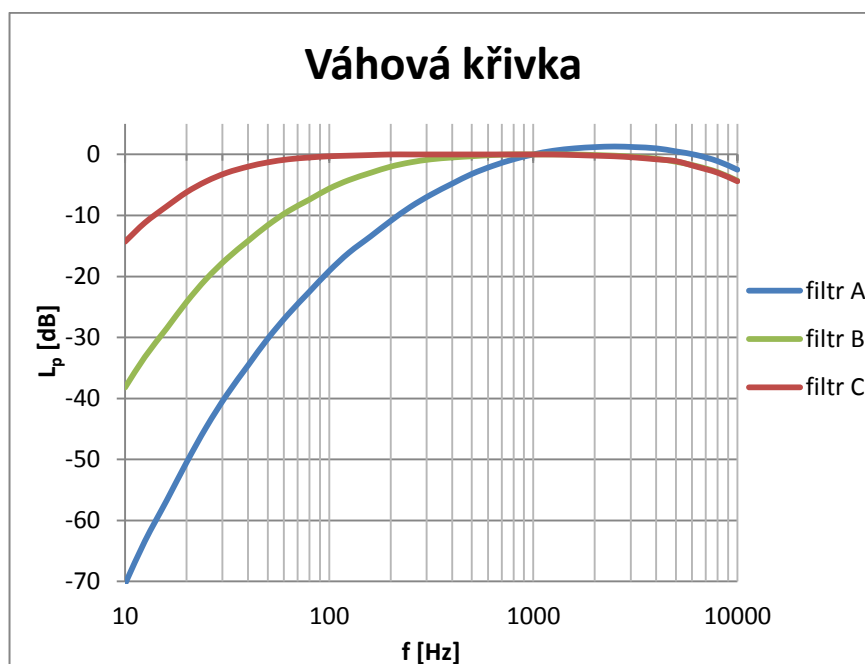


Obr. 2.15: Převodní logaritmická stupnice tlak/decibel /12/

K přednostem logaritmické stupnice s jednotkami dB patří také to, že lépe odpovídá subjektivnímu sluchovému vjemu relativní hlasitosti než lineární stupnice s jednotkami Pa. Odůvodnění spočívá ve vlastnosti lidského sluchu, jenž reaguje na relativní změny akustického tlaku. Tato reakce odpovídá logaritmické zákonitosti a stupnici, na které v libovolném místě rozdíl hladin 1 dB vyjadřuje tutéž relativní změnu akustického tlaku [10].

Lidský sluch je nejvíce citlivý v oblasti od 2 do 5 kHz a méně citlivý v oblastech nízkých a vysokých kmitočtů. Z tohoto důvodu je homologační předpis, který předepisuje oblast frekvence a akustický tlak, který musí houkačka splňovat.

Lidský sluch má všeobecně nestejnou citlivost při různých kmitočtech. Při vnímání zvuku tedy dochází ke zkreslení. Z tohoto důvodu se zavádí váhové filtry A, B, C. V mezinárodním měřítku je nejčastěji používán váhový filtr typu A. Hlukoměry jsou běžně vybaveny některým z těchto filtrů. Ke každé skutečně změřené hladině zvuku se připočte příslušná korekce tak, jak ji vnímá lidský sluch [11].



Graf 2.1: Průběh váhových křivek A, B, C [11/

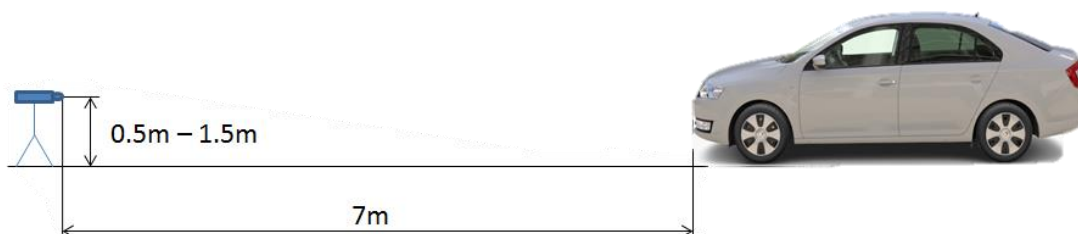
Váhové filtry (graf. 2.1) jsou používány k přepočítávání skutečně naměřených hodnot hladin zvuku na jiné hodnoty hladin zvuku z důvodu zkreslené citlivosti lidského sluchu při různých kmitočtech [11].

Lidský sluch je nejcitlivější v oblasti okolo $f = 1000$ Hz. Proto při této frekvenci jsou nulové korekce u jednotlivých filtrů. Ze známých hladin lze následně pro dané pásmo přepočítat hladinu zvuku s vlivem korekcí, tzn. hladinu, kterou skutečně vnímá lidský sluch [11].

2.4.3. Homologační podmínky

Zvukové výstražné zařízení musí být na každém typu motorového vozu součástí homologačního procesu. Konkrétní evropskou směrnicí, která zvukové zařízení musí splňovat je EHK č. 28, kde jsou uvedeny všechny nutné podmínky pro udělení homologace. Zde jsou uvedeny pro nás nejdůležitější části směrnice [13]:

- ✓ Hladina zvukového tlaku (použita váhová křivka A), vyzařovaná zařízením namontovaným na vozidle, se měří ve vzdálenosti 7 m před vozidlem (obr. 2.16) umístěným na volném prostranství s co nejhladším povrchem a v případě stejnosměrně napájených zařízení se zastaveným motorem.
- ✓ Zkušebním napětím U_z musí být napětí 13 V.
- ✓ Mikrofon a měřicí zařízení se umístí přibližně v podélné rovině souměrnosti vozidla.
- ✓ Maximální hladina zvukového tlaku se zjišťuje v rozmezí od 0,5 – 1,5 m nad zemí.
- ✓ Hladina zvukového tlaku hluku pozadí a hluku větru musí být nejméně o 10 dB (A) nižší než hladina zvukového tlaku, která se má měřit.
- ✓ Maximální hladina zvukového tlaku měřená za výše uvedených podmínek musí být nejméně rovna 93 dB (A) a nejvýše 112 dB (A).



Obr. 2.16: Zkouška akustického tlaku na voze

Součástí této směrnice jsou i homologační podmínky pro samotnou houkačku, opět níže výtah nejdůležitějších částí [13]:

- ✓ Na každém zvukovém výstražném zařízení shodné s typem homologovaným dle tohoto předpisu se připevní na nápadném a snadno přístupném místě mezinárodní homologační značka, která se skládá z kružnice, ve které je písmeno „E“, následované rozlišovacím číslem státu, který udělil homologaci a homologačního čísla.
- ✓ Homologační značka musí být dobře čitelná a nesmazatelná.
- ✓ Zvukové výstražné zařízení musí vydávat nepřetržitý a rovnoměrný zvuk; jeho zvukové spektrum se nesmí za provozu podstatně měnit.
- ✓ Hladina zvukového tlaku v pásmu frekvencí 1800 – 3550 Hz musí být větší než kterákoliv frekvenční složka nad 3550 Hz a ve všech případech musí být rovna nebo větší 105 dB (A) a menší nebo rovna 118 dB (A).
- ✓ Mikrofon musí být umístěn tak, aby jeho membrána byla ve vzdálenosti $2 \pm 0,01$ m od roviny výstupu zvuku ze zařízení.
- ✓ Zkoušené zařízení a mikrofon musí být umístěny ve stejné výšce. Tato výška je 1,15 až 1,25 m.
- ✓ Výstražné zařízení je pevně uchyceno na podpěru, jejíž hmotnost je nejméně desetinásobkem hmotnosti zkoušeného výstražného zařízení, avšak nejméně 30 kg.

Homologace je zkoušenému typu vozidla udělena, pokud toto předvedené vozidlo k homologaci dle tohoto předpisu splňuje požadované hodnoty.

3. Experimentální část

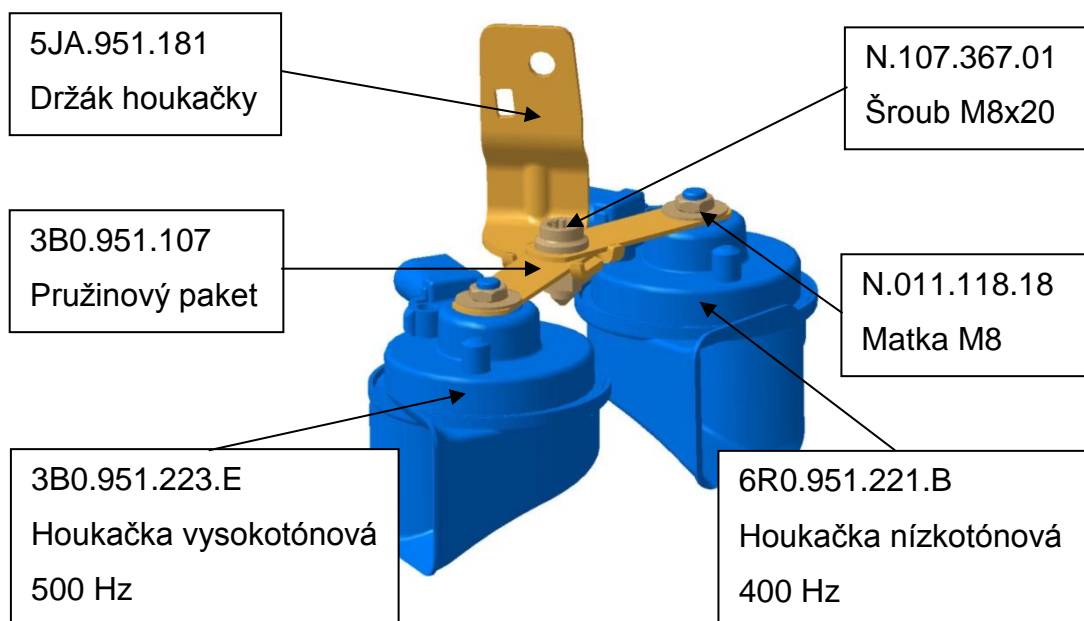
Okruhy experimentální části, kterými se bude práce zabývat:

- Návrh konstrukce
- Prototypová výroba držáku
- Laboratorní životnostní a akustická zkouška

3.1. Návrh tvarové změny

3.1.1. Aktuální sériová konstrukce

Sériová sestava houkaček s držákem, která je dodávána na výrobní linku, se skládá z několika komponentů.

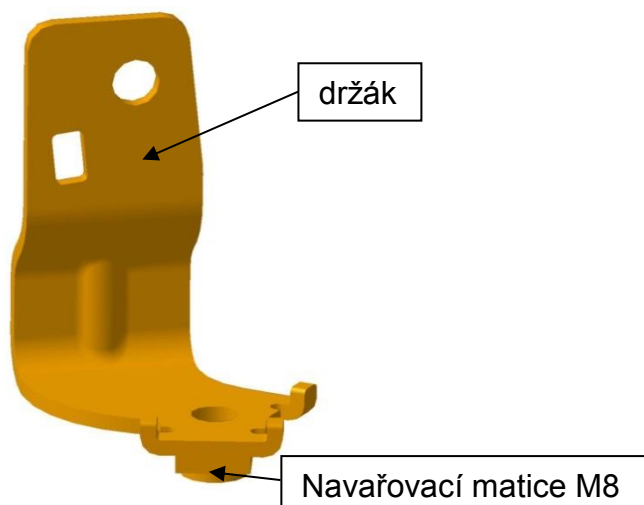


Obr. 3.1: Sériová sestava houkaček

Jak je vidět z obrázku 3.1, sestava se skládá z držáku, do kterého jsou pomocí šroubu M8 uchyceny houkačky s pružinovým paketem. Pružinový paket je k houkačce upevněn pomocí matky M8.

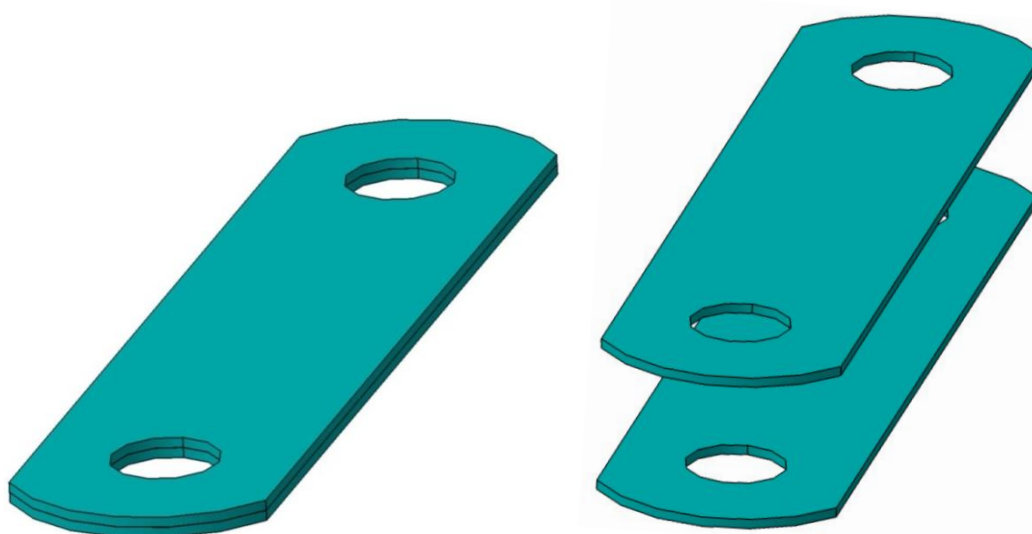
Držák 5JA.951.181 (obr. 3.2) tvoří sestavu z plechového držáku a čtyřhranné navařovací matice. Materiál držáku je DIN EN 10111 DD11 a držák i s navařovací maticí jsou opatřeny povrchovou ochranou r642. Toto označení (obr. 3.8) znamená, že je držák elektrolyticky pokoven vrstvou

Zinek/Nikl, tloušťka vrstvy Zinek/Nikl musí být od 8 μm do 25 μm , dále označuje, že je dodatečně povrch transparentně pasivován a zapečen.



Obr. 3.2: Sériové provedení držáku

Pružinový paket (obr. 3.3) pro jednu houkačku se skládá ze dvou kusů tenkých plechů, tloušťka jednoho plechu je 0,8 mm, tudíž celková tloušťka je 1,6mm. Materiál pružinového paketu je ocel DIN 1624, který je za studena válcovaný a tato jakost je vhodná pro lisované výrobky. Povrchová ochrana je dle normy VW 13750 označována r673, toto označení znamená, že je držák elektrolyticky pokoven vrstvou Zinek/Nikl, tloušťka vrstvy Zinek/Nikl musí být od 8 μm do 25 μm , dále označuje, že je dodatečně povrch černě pasivován a zapečen.



Obr. 3.3: Pružinový paket

3.1.2. Zástavbové místo

Ještě než začne samotná konstrukce držáku, je nutné zvolit vhodné zástavbové místo samotné houkačky na voze. Konstruktor nejdříve musí nalézt v motorovém prostoru volné zástavbové místo, již při tomto hledání bývá často problém, jednak je nutné dodržet minimální odstup od okolních dílů 10 mm a to při dnešním zaplnění motorového prostoru bývá častý problém a poté vyhodnotit nejdůležitější aspekt pro umístění, kterým je nutnost splnit homologační předpis vozu EHK č. 28, kde je podmínka splnění akustického tlaku 7 m před vozem (obr. 2.16) v minimální hodnotě 93 dB a maximální hodnotě 112 dB. Jakmile vůz nesplňuje toto rozmezí, nemůže být vůz homologován a následně ani výrobcem prodáván.



Obr. 3.4: Umístění houkaček ve voze

Sestava houkaček s plechovým držákem je v našem konkrétním případě na vozu Rapid umístěna z pohledu řidiče za levou přední mlhovkou (viz. obr. 3.4). Tato oblast bývá v rámci koncernu VW nejčastěji zastavěna tímto dílem, vstupováním na nové rozvojové automobilové trhy nejnovější zákaznické analýzy ukazují, že na těchto trzích tato zástavbová poloha není úplně ideální a ztráta funkce houkačky se zvětšuje, ať už na to mají vliv monzunové deště v Indii nebo vysoká vlhkost v Číně, která se násobí s nízkou polohou zástavby, a tak se hledají stále více vhodná místa, která by byla umístěna ve vyšší hladině vozu. Jelikož tento typ vozu není určen pro tyto trhy, je zachováno sériové umístění houkaček.

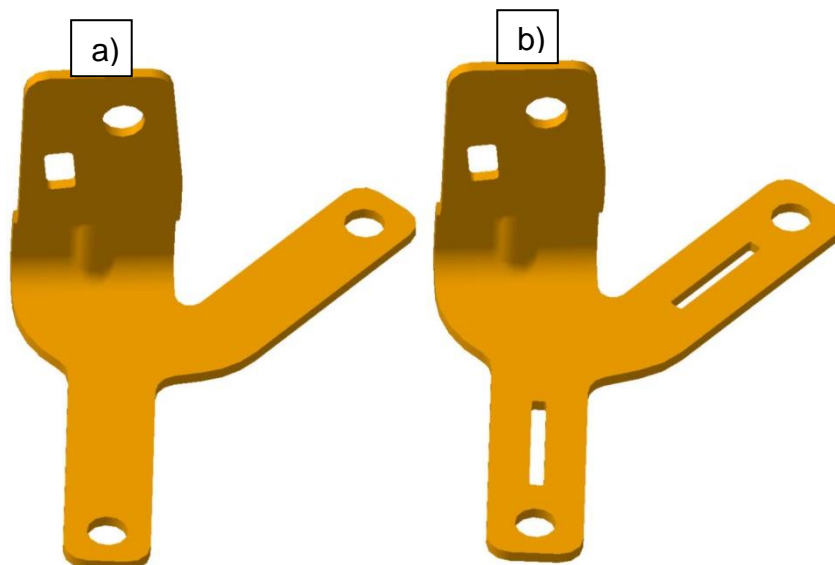
3.1.3. Konstrukce držáku

Návrh nové konstrukce držáku vychází z geometrie sestavy s pružinovým paketem. Vrchní část držáku, tj. otvor pro upevňovací šroub, otvor pro ustavení sestavy, prolis i rádiusy byly zachovány, příslušný profil držáku je již odzkoušen a tento profil je z hlediska pevnosti vyhovující. Úpravy v konstrukci držáku byly zaměřeny na spodní část držáku a byla vytvořena konstrukce nového držáku, která by simulovala již zmiňovaný pružinový paket, aby byla zajištěna pevnost této oblasti a zároveň aby držák byl schopen docílit potřebné tuhosti, která by zajišťovala i splnění akustických vlastností sestavy.

Nutnost zachování podobného profilu pružinového paketu je dána průběhem frekvenčního pásma při houkání, kdy je nutné docílit, aby byl zvuk houkačky pro sluch nejlépe rozpoznatelný. Velký vliv na docílení frekvenčního pásma má samotná tuhost držáku, čím je tuhost držáku větší, tím je problém požadované frekvenční pásmo docílit a charakteristika zvuku houkačky nesplňuje požadované vlastnosti. Proto bývá problém použít držák bez pružinového paketu, jelikož díky tloušťce materiálu a geometrii držáku, který je z jednoho kusu, dochází k zatlumení zvuku houkačky, který zapříčiňuje změnu frekvence zvuku a následnému nesplnění minimální hodnoty akustického tlaku.

Byla navržena konstrukce dvou typů držáků, první držák (obr. 3.5a) ve své podstatě kopíruje profil pružinového paketu, drobná úprava se provedla v šířce, kde místo šířky 20 mm je u tohoto držáku tloušťka 18 mm. Druhý návrh držáku (obr. 3.5b) má šířku stejnou jako je šířka pružinového paketu, ale byl zde vytvořen obdélníkový otvor, který má mít význam zmenšit tuhost v této oblasti, nižší tuhost by měla mít pozitivní vliv na akustiku houkačky.

Oba tyto návrhy jsou vyrobeny v tloušťce materiálu $t = 2,5$ mm a tloušťce materiálu $t = 3$ mm.



Obr. 3.5: Nový návrh držáku

a) – držák bez otvoru, b) – držák s otvorem

3.1.4. Materiál držáku

Současný držák je vyráběn z ocelového plechu EN 10111 DD11 o tloušťce $t = 3 \text{ mm}$. Ze stejného materiálu a o stejné povrchové ochraně je navrhován i modifikovaný držák. Ocel DIN EN 10111 obdobně odpovídá v ČSN 41 1321 oceli označení 11321.

Materiál DIN EN 10111 DD11 je z nízkouhlíkové oceli vyráběné válcováním za tepla. Plechy, pásy této jakosti jsou vhodné pro hluboké tahy, ohýbání za studena, tváření i svařování.

Technologie válcování materiálu za tepla je používána velmi často především v těžkém průmyslu. Ocelové plechy válcované za tepla slouží jako výchozí polotovary k dalšímu zpracování. Mechanické vlastnosti jednotlivých jakostí jsou dány odlišným zastoupením chemických prvků a jejich sloučenin [14].

Díky širokému spektru jakostí nalézají tyto ocele uplatnění ve výrobě strojních dílů formou tvarových výpalků, ve stavebnictví jako nosné části ocelových konstrukcí, jsou vhodné pro konstrukce železničních a motorových vozidel, pro tlakové namáhané nádoby a zařízení pracující za normálních i zvýšených teplot [14].

Tab. 3.1: Tabulka vlastností oceli DIN EN 10111 /15/

Vlastnosti oceli EN 10111									
Označení oceli		Způsob dezoxidace	Chemické složení rozbor tavby				Mechanické vlastnosti		
Značka	Číselné označení		C max. %	Mn max. %	P max. %	S max. %	R_e	R_m max. Mpa	Tažnost min.
									$L_0=80\text{ mm}$
							$2\text{ mm} \leq e$ $e \leq 11\text{ mm}$ Mpa		$2\text{ mm} \leq e$ $e \leq 3\text{ mm}$ %
DD11	1.0332	podle uvážení výrobce	0,12	0,6	0,05	0,05	170 až 340	440	28
Poznámka 1 MPa = 1 N/mm ²									

3.1.5. FEM analýza

FEM analýza (obr. 3.6 a 3.7) byla vytvořena na držácích o tloušťce materiálu $t = 2,5$ mm. Hlavním posláním této analýzy bylo především určení kritických míst držáků z hlediska namáhání a prověření, bude-li mít otvor v držáku nějaký zásadní vliv na jeho pevnost.

Jelikož se nijak zásadně konstrukce návrhů držáků neliší, vychází vypočítané napětí na obou vzorcích obdobně. Největší napětí se dá očekávat v rádiusu, který poté přechází do ohýbané oblasti. Analýza byla provedena v systému Catia V5 dynamickým zatěžováním, kde frekvenční hodnoty a zatížení bylo nastaveno dle normy VW 80200 – 2, hmotnost samotné houkačky činí $m = 250$ g a velikost zrychlení, které je normou stanoveno na hodnoty dle tab. 3.2. Nejvíce kritická osa Z má efektivní hodnotu zrychlení $a = 14,1$ m/s².

Maximální napětí v oblasti rádiusu pro držák bez otvoru vychází na 139,1 MPa, pro držák s otvorem vychází maximální napětí na 132,7 MPa. Jelikož se ale jedná o dynamické zatěžování držáku, musíme ve výpočtu materiálu počítat s jeho cyklickým zatěžováním. Mez únavy v ohybu pro materiál EN 10111 byla vypočítána dle příslušného vzorce (16) [16] a tato hodnota vychází na velikost $\sigma_{oc} = 189$ MPa, toto mezní napětí v ohybu je počítáno z maximální uváděné hodnoty materiálu pro mez pevnosti (tab. 3.1). Teoretický výpočet držáky pevnostně splňují, bohužel z důvodu velkého rozptylu ve vlastnostech materiálu, kde dle normy je například rozmezí pro

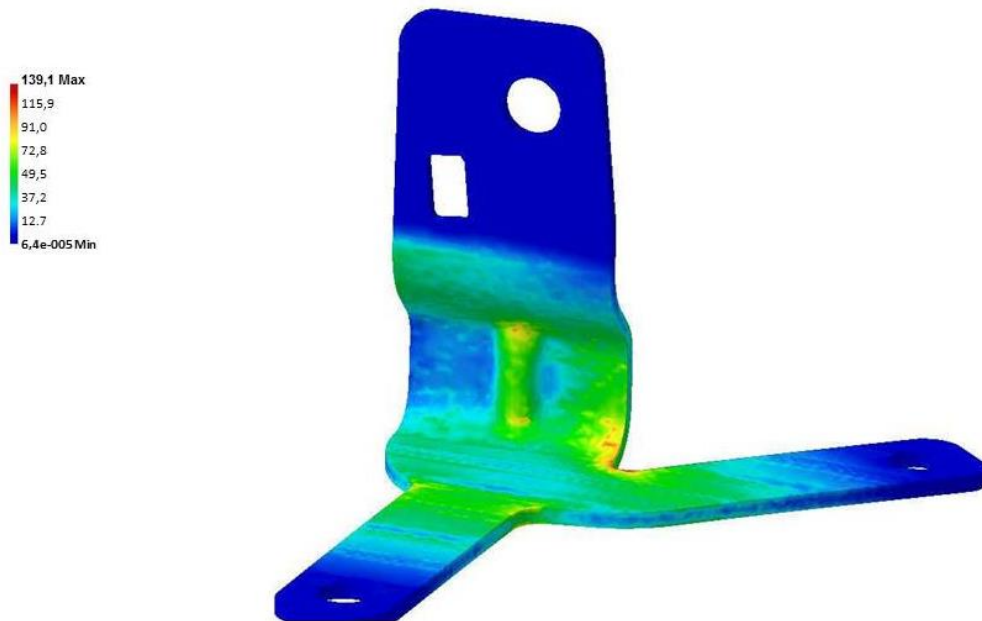
mez kluzu $R_e = 170 \div 340$ MPa, nelze definovat přesnou hodnotu meze únavy a rozhodující a směrodatná pro nás bude příslušná vibrační zkouška.

$$\sigma_{oC} = 0,43 \cdot R_m \quad [\text{MPa}] \quad (16)$$

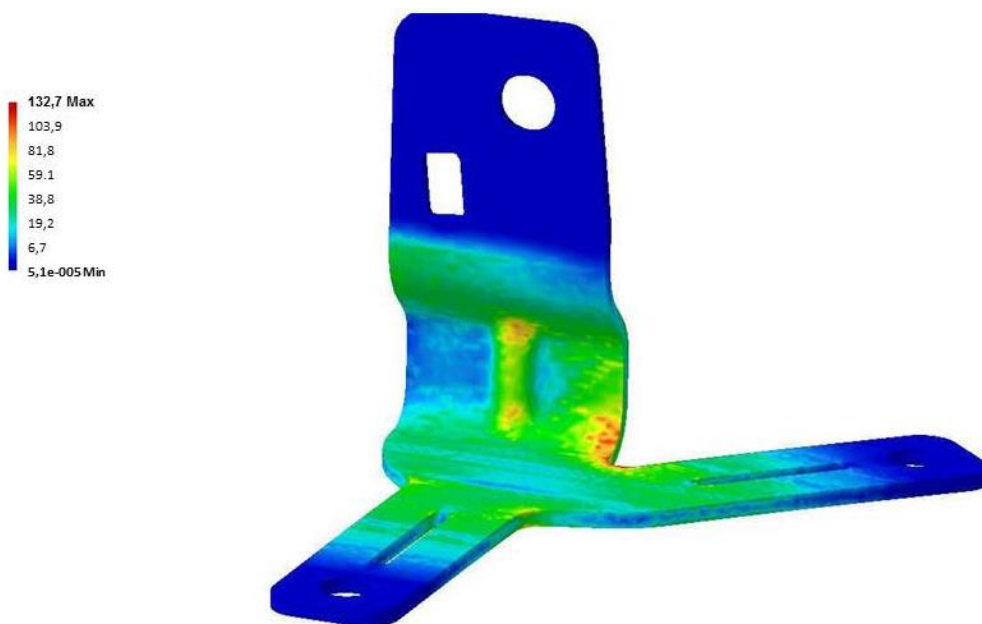
$$\sigma_{oC} = 0,43 \cdot 440 = 189 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{o\max} = 139,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{oC} > \sigma_{o\max} \rightarrow \text{splněna pevnostní podmínka}$$



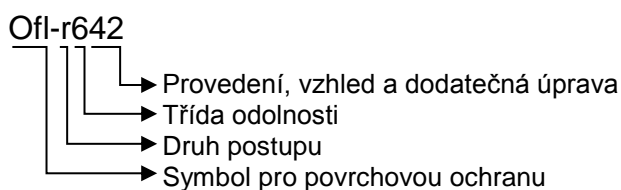
Obr. 3.6: FEM analýza držáku bez otvoru



Obr. 3.7: FEM analýza držáku s otvorem

3.1.6. Povrchová ochrana držáku

Povrchová ochrana je ve výkresové dokumentaci značena symbolem (obr. 3.8) pro povrchovou ochranu OfI- , za níž se přidává čtyřmístný kód, v našem případě to je kód r642, dle normy VW 13750 tento kód značí, že je držák elektrolyticky pokoven vrstvou Zinek/Nikl. Jak již bylo zmíněno v odstavci 3.1.1, tloušťka vrstvy musí být mezi 8 μm až 22 μm . Sestava spadá pod podvozkové části vozu, které musí splňovat nejpřísnější požadavky na splnění korozních zkoušek.



Obr. 3.8: Označení povrchové ochrany dle VW normy /17/

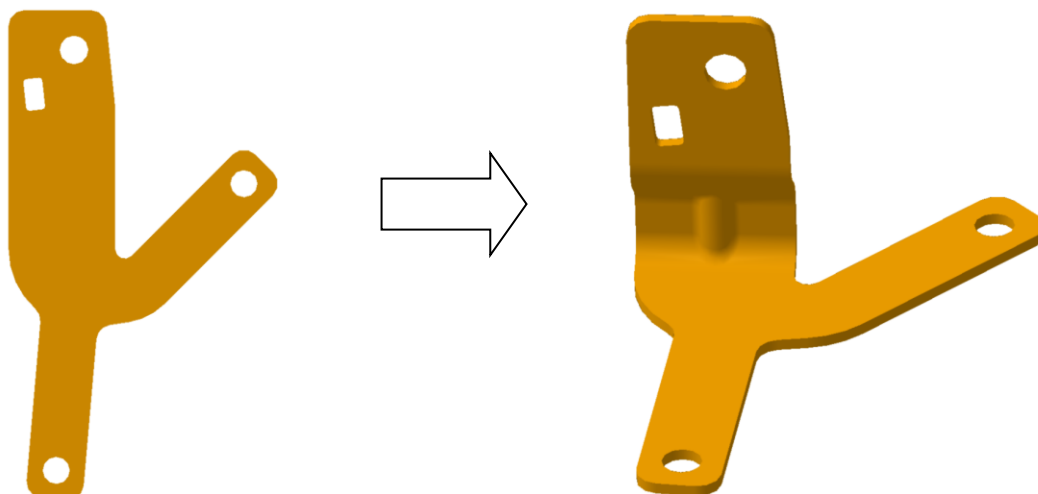
3.2. Prototypová výroba držáku

3.2.1. Řezání

Po konstrukci držáku a provedení konstrukční analýzy FEM aplikací, kterou jsme si verifikovali vhodnost konstrukce a vytipovali kritická místa z hlediska pevnosti držáku, na která se zaměřit po laboratorní zkoušce, musíme vyřešit otázku, jakou technologií nechat vyrobit prototypové díly, abychom mohli ověřit jednak laboratorní vibrační zkouškou pevnost držáku a dále pro měření akustického tlaku sestavy houkaček na voze.

Jako nejvhodnější varianta z ekonomického i časového hlediska byla zvolena technologie výroby prototypových vzorků technologií řezání laserem. Takto vyrobené vzorky budou dostačující pro následné zkoušky.

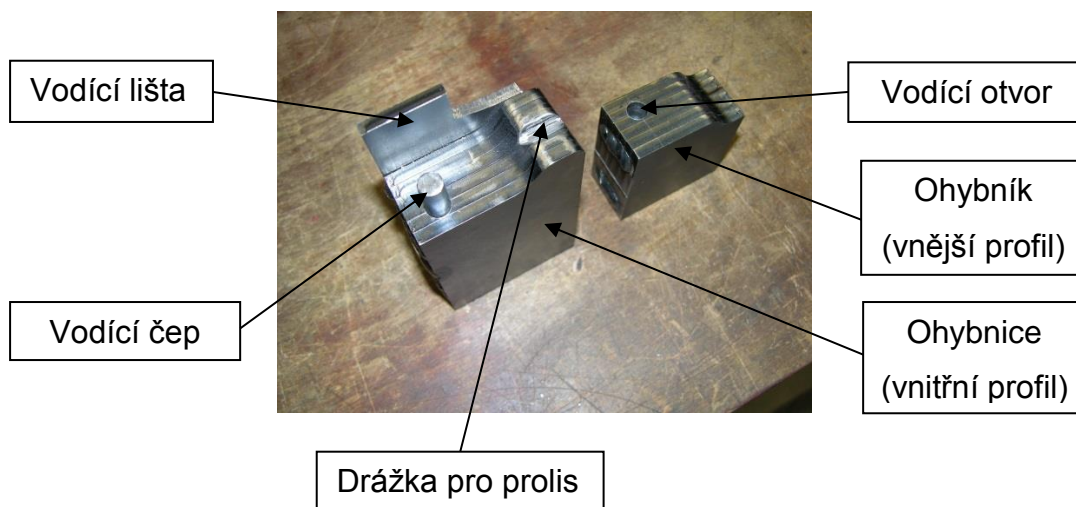
Z 3D modelu je vyexportován v Catii .dxf soubor, který převede 3D geometrii do 2D roviny a tento formát souboru je čitelný pro používaný laserový stroj. Výpalek bude obsahovat jednak vnější geometrii držáku, tak i všechny díry držáku. Pro prototypovou dílnu bude úkol pouze dát držáku požadovanou geometrii (obr. 3.9).



Obr. 3.9: Výchozí → konečný tvar výpalku

3.2.2. Ohýbání

Prototypové dílně je dodán výpalek, na kterém budou provedeny požadované ohyby držáku dle výkresové dokumentace. Pracovníkovi je dodána výrobní dokumentací, která obsahuje výrobní výkres, pracovní návodku, dále vypálené pomocí laseru příločky – ohybník a ohybnice, podle kterých bude držák ohýbat do požadované velikosti rádiusu. Jak je vidět z obrázku 3.10, ohybník i ohybnice je po celé šířce rádiusu a zaručuje relativně vysokou přesnost. Do ohybnice je zalisován čep zajišťující správnou polohu ohybnice vůči držáku a ohybníku. Čep má průměr o 0,1 mm menší, než je průměr otvoru v držáku a ohybníku. Držák a ohybník jsou nalícovány s vůlí k čepu ohybnice.



Obr. 3.10: Ohybník a ohybnice

Pracovní postup pro ohyb držáku byl následující:

1. Sesazení ohybnice + držák + ohybník
2. Pomocí lisu horní část držáku ohnuta dle profilu ohybníku a ohybnice (obr. 3.11)
3. Spodní část držáku ohnuta již pouze pomocí kladiva do požadovaného tvaru



Obr. 3.11: Ohýbání pod lisem

Byl proveden i kontrolní výpočet síly, která bude nutná k ohybu držáku. Pro výpočet byl použit vzorec (10) pro ohyb do tvaru „V“.

$$F_o = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{2 \cdot R} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$
$$F_o = \frac{33 \cdot 3^2 \cdot 340}{2 \cdot 10} \cdot \operatorname{tg} \frac{130}{2} = 18\,843 \text{ N}$$

Použitý lis dokáže vynaložit sílu $F_{\max} = 200 \text{ kN}$, proto bude tento stroj plně dostačující.

Dále byla provedena kontrola minimálního rozměru poloměru ohybu, aby nedošlo k prasknutí materiálu v ohybu. K výpočtu bylo použito vzorce pro minimální poloměr ohybu (8), pro součinitel tvářítečnosti c byla použita hodnota 0,5 (měkká ocel). Všechny rádiusy na držáku splňují vypočítanou hodnotu pro minimální rozměr rádiusu.

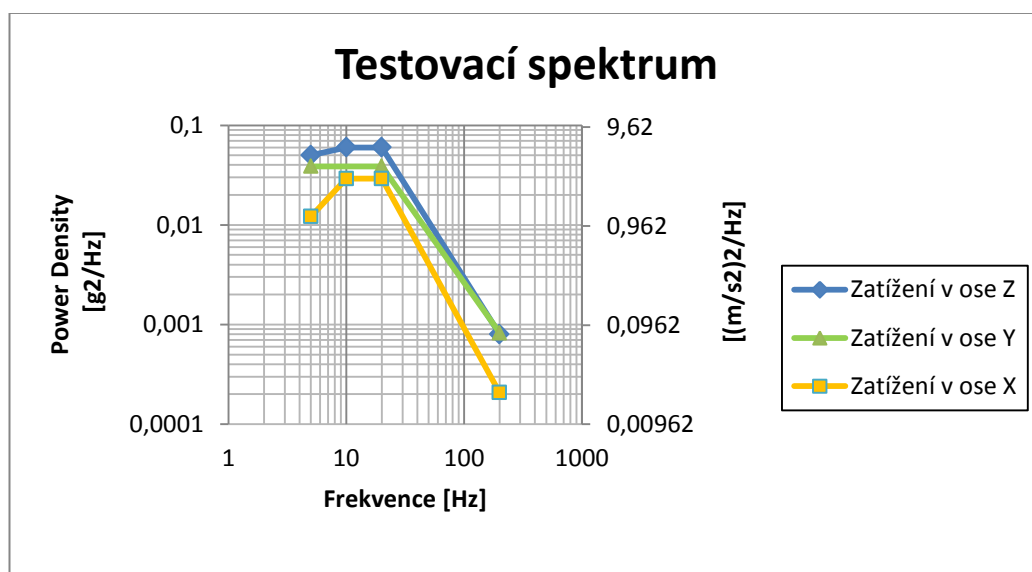
$$R_{\min} = t \cdot c$$
$$R_{\min} = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ mm}$$

Po vyrobení všech držáků budou ještě všechny držáky přeměřeny na měrovém pracovišti. Pokud jsou všechny rozměry dle výkresové dokumentace v pořádku, přichází již na řadu odzkoušet pevnost držáku a akustiku sestavy na vozidle.

3.3. Laboratorní a akustické zkoušky

3.3.1. Vibrační zkouška

Po vyrobení je smontován držák s houkačkami a tyto sestavy jsou nejprve odzkoušeny pomocí vibrační zkoušky na vibračním shakeru. Pomocí této zkoušky budeme sledovat pevnost držáku, pro uvolnění sestavy do sériového stavu je nutné, aby držák prošel vibrační zkouškou bez známky trhliny, případně lomu. Vyhodnocení zkoušky je v zodpovědnosti personálu pracujícím na příslušné dynamické zkušebně. Vibrační profil (graf 3.1) je dán normou VW 80200 – 2, kde je zadána hodnota zrychlení (tab. 3.2), která se mění se změnou osy zatížení a dle umístění sestavy na voze i teplotní profil (graf. 3.2).



Graf 3.1: Testovací spektrum vibrační zkoušky /18/

Dle normy je možné zvolit počet zkoušených sestav, kde v závislosti na počtu těchto sestav je předepsána délka zkoušky. Nejvyšší počet sestav, které norma dovoluje je v počtu 3 ks. Při zkoušce bylo použito těchto tří sestav. Při tomto počtu výsledná doba testování dle normy vychází na 12 hodin v každé zkoušené ose.



Obr. 3.12: Vibrační zkouška

Sestavy jsou upevněny do vibračního stavu (obr. 3.12) a dle normy zkoušeny, jak již bylo zmíněno 12 h. v každé ose tzn. x, y, z. Pro každou osu je dáno různé zatížení (tab. 3.2).

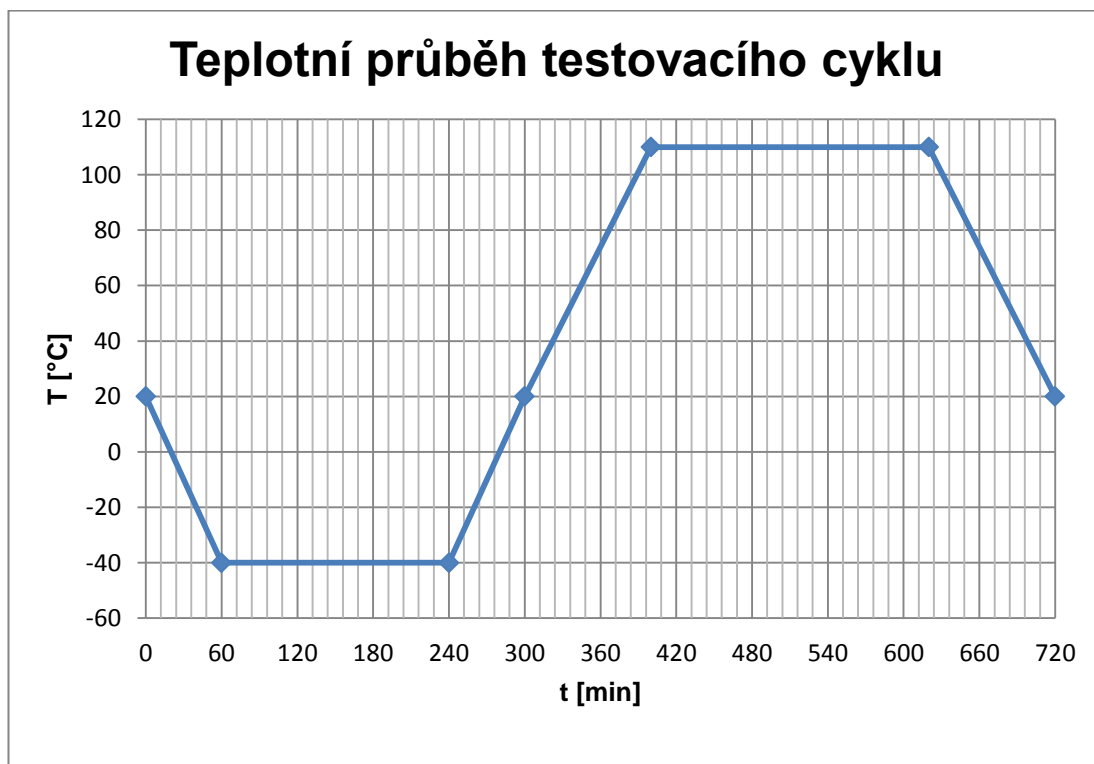
Tab. 3.2: Hodnoty zatížení při vibrační zkoušce /18/

Zatížení v ose Z		
Hz	g^2/Hz	$(m/s^2)^2/Hz$
5	0,05	4,81
10	0,06	5,77
20	0,06	5,77
200	0,0008	0,08
RMS	1,44 g	14,13 m/s^2

Zatížení v ose Y		
Hz	g^2/Hz	$(m/s^2)^2/Hz$
5	0,04	3,85
20	0,04	3,85
200	0,0008	0,08
RMS	1,23 g	12,07 m/s^2

Zatížení v ose X		
Hz	g^2/Hz	$(m/s^2)^2/Hz$
5	0,0125	1,2
10	0,03	2,89
20	0,03	2,89
200	0,00025	0,02
RMS	0,96 g	9,42 m/s^2

Na každou příslušnou osu je aplikováno i teplotní zatížení dle grafu 3.2. Jelikož jsou houkačky umístěny v motorovém prostoru, je přímo normou stanoven teplotní rozsah, který musí komponenty v tomto prostoru bez známek poškození vydržet. Teplotní rozsah pro motorový prostor je od -40°C do $+110^\circ\text{C}$.



Graf 3.2: Teplotní průběh cyklu /18/

Z tabulky 3.3 vyplývá, že **všechny zkoušené sestavy pevnostně vydržely vibrační zkoušku**. Důležitým zjištěním zkoušky bylo, že zkoušku vydržel i držák o $t = 2,5$ mm. U těchto držáků se maximální napětí blíží na mez únavy materiálu, a proto vznikla důvodná obava, kterou jsme získali na základě FEM analýze, že by mohlo dojít k lomu držáku v jeho spodní části v místech největšího napětí viz. obrázky 3.6 a 3.7. Tato teze se díky vibrační zkoušce nepotvrdila.

Tab. 3.3: Výsledky vibrační zkoušky

Vibrační zkouška		
Sestava houkaček	Porušení mat. držáku [h]	Závěr
Držák $t = 3$ mm s otvorem	-	vyhovuje
Držák $t = 3$ mm bez otvoru	-	vyhovuje
Držák $t = 2,5$ mm s otvorem	-	vyhovuje
Držák $t = 2,5$ mm bez otvoru	-	vyhovuje

3.3.2. Akustická zkouška

Akustická zkouška byla provedena na zkušebním polygonu, na kterém probíhají i následné homologační zkoušky, dá se tedy očekávat, že oficiální homologační zkoušky budou s podobnými naměřenými hodnotami, jako v našem případě.

Měření probíhalo dle evropské směrnice pro homologaci motorových vozidel EHK č. 28, která je blíže shrnuta v odstavci 2.4.3, pro naši akustickou zkoušku bylo zásadní měření 7m před vozem (viz. obr. 2.16).

Měření bylo provedeno u každé sestavy 3x a následně byl vytvořen aritmetický průměr, norma tento počet neurčuje, ale bylo provedeno v tomto počtu z toho důvodu, abychom eliminovali případnou chybu měření, která by mohla být způsobena např. silným poryvem větru nebo nějakým náhodně se vyskytnutým rušivým elementem.

Model Rapid je nabízen v základní výbavě pouze s jednou houkačkou (jednotónová sestava), pro vyšší stupně výbavy jsou již standardně použity

houkačky dvě (dvoutónová sestava), proto bylo provedeno zkušební měření jak sestavy o dvou houkačkách (tab. 3.4), tak i sestavy pouze s jednou houkačkou (tab. 3.5), kde byla použita houkačka vysokotónová 3B0.951.223.E (viz. obr. 3.1). Jak je možné vidět z tabulky 3.4 a 3.5 naměřených hodnot, **homologační předpis EHK č. 28 je splněn u všech měřených sestav.**

Tab. 3.4: Měření akustického tlaku 7 m před vozem – dvoutónová houkačka

Měření houkaček - PG Úhelnice				
Sestava houkaček	dvoutónová sestava			
	1. měření [dB]	2. měření [dB]	3. měření [dB]	Ø hodnota [dB]
Držák t = 3 mm s otvorem	95,2	95,4	95	95,2
Držák t = 3 mm bez otvoru	95,4	94,3	96	95,2
Držák t = 2,5 mm s otvorem	93,9	94,4	94,8	94,4
Držák t = 2,5 mm bez otvoru	93,4	94	93,9	93,8
Sériová sestava	95,1	96,3	94,4	95,3

Tab. 3.5: Měření akustického tlaku 7 m před vozem – jednotónová houkačka

Měření houkaček - PG Úhelnice				
Sestava houkaček	jednotónová sestava			
	1. měření [dB]	2. měření [dB]	3. měření [dB]	Ø hodnota [dB]
Držák t = 3 mm s otvorem	94,8	94,3	94,7	94,6
Držák t = 3 mm bez otvoru	94,8	95	93,8	94,5
Držák t = 2,5 mm s otvorem	93,7	93,5	94,5	93,9
Držák t = 2,5 mm bez otvoru	92,7	94,3	94,5	93,8
Sériová sestava	95,1	95,3	94,4	94,9

4. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout tvarovou změnu držáku houkačky tak, aby bylo možné houkačky montovat přímo na držák, tzn. bez nutnosti použít pružinový paket. V kontextu s tímto návrhem by došlo k finanční úspoře na spojovacím materiálu. Byly navrženy dvě varianty držáku, které byly podrobeny požadovaným zkouškám. Po absolvování všech požadovaných testů a potřebných zkoušek lze konstatovat, že navrhovanou optimalizaci pro **tloušťku držáku $t = 3\text{ mm}$ i tloušťku držáku $t = 2,5\text{ mm}$ je možné užít v sériovém provedení**. Všechny sestavy houkaček s držákem vyhověly jak akustickým, tak i dynamickým zkouškám. Lze konstatovat, že při zachování profilu pružinového paketu a implementování jeho geometrie, tzn. šířky a délky do geometrie držáku, není výrazně ovlivněna hlasitost a harmonická struktura zvuku houkačky.

Při bližším zaměření na zaznamenané akustické hodnoty sestav je zajímavé si všimnout, že byl naměřen nepatrně (cca o 0,7 dB) vyšší akustický tlak u držáku s tloušťkou $t = 3\text{ mm}$. Toto zjištění je dle mého názoru možné přisuzovat tomu, že jsme se s tímto držákem díky své tuhosti dostali do jiného frekvenčního pásma a to má za následek vyšší zaznamenanou hodnotu akustického tlaku. Samozřejmě přesnou příčinu by bylo možné získat detailním rozbořem, který by ovšem znamenal nutnost lepší vybavenosti z hlediska měřicí techniky.

Dále je nutné připomenout, že pro prototypovou výrobu bylo použito technologie řezání laserem. Pro sériovou výrobu bude použita technologie stříhání, která bude mít vliv na únavové zkoušky držáku. Tento vliv je nutné poté dotestovat, což nebylo cílem bakalářské práce.

Bližší ekonomické zhodnocení návrhů bude následně provedeno příslušným oddělením ve Škoda Auto a.s., v hrubém odhadu je počítáno s úsporou 0,2 € – 0,4 € na voze. Samozřejmě se úspora na jeden vyrobený vůz nezdá nijak zásadní, ale v kontextu s množstvím prodaných aut tohoto typu se může jednat o nezanedbatelnou částku.

Z dosažených výsledků lze konstatovat, že navržená optimalizace držáku byla úspěšná a cíl bakalářské práce byl splněn.

5. Seznam literatury

- [1] FOREJT, Milan. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2006. p. 225. ISBN 80-214-2374-9.
- [2] LENFELD, Petr. *Technologie II.- 1. část (tváření kovů)*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2009. str. 110. ISBN 978-80-7372-466-5.
- [3] POVALAČ, Tomáš. *Výroba příruby přesným stříháním*. Brno, 2013. 69 s, 4 výkresy, 14 příloh, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Obor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí Ing. Eva Peterková, Ph.D.
- [4] CHPS s.r.o. [Online] [Citace: 2. Únor 2014.] <http://www.chps.cz/rezani-laserem>.
- [5] ABNER a.s. [Online] [Citace: 01. Květen 2014.] <http://www.abner.cz/cs/rezani-laserem.aspx>.
- [6] FRISCHHERZ Adolf, SKOP Paul, Knourek Jiří. *Technologie zpracování kovů - základní poznatky*. Praha : SNTL, 2001. ISBN 80-902655-0-2.
- [7] MICHNA Štefan, NOVÁ Iva. *Technologie a zpracování kovových materiálů*. Prešov : Adin s.r.o., 2008. ISBN 978-80-89244-38-6.
- [8] UNIVER, spol. s.r.o. [Online] [Citace: 21. Duben 2014.] <http://www.univer.cz/rucni-ohybacky-plechu-segmentove-ab-1010-bs-ab-1100-bs-id3954>.
- [9] JOSEF MATUŠÍK, spol s.r.o. [Online] [Citace: 27. Březen 2014.] <http://www.josef-matusik.cz/cnc-ohranovaci-lisy>.
- [10] Brüel & Kjaer. *Měření zvuku*. [pdf] Naerum : Brüel & Kjaer, 1984. BR 0137-12.
- [11] ÚSTAV FYZIKY A MATERIÁLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ. [Online] [Citace: 15. Březen 2014.] http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_03.pdf.
- [12] Brüel & Kjaer. *Environmental Noise*. Naerum : Brüel & Kjaer, 2001. str. 67. BR 1626-12.
- [13] EUR-Lex. *Předpis EHK č. 28 Zvuková výstražná zařízení*. [Online] [Citace: 25. Leden 2014.] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:185:0001:0014:CS:PDF>.
- [14] IT Bohemia, spol. s r.o. [Online] [Citace: 27. Leden 2014.] <http://www.itbohemia.cz/hutni-material/plechy-valcovane-za-tepla>.

[15] DIN EN 10111. *Plechý a pásy z nízkouhlíkových (hlubokotažných) ocelí kontinuálně válcované za tepla k tváření za studena*. Berlín : Německý normalizační institut, 1993.

[16] TUL - katedra částí a mechanismů strojů. [Online] [Citace: 2. Květen 2014.]
http://www.kst.tul.cz/podklady/casti_fs/podklady/Unava_materialu_strojnich_soucasti_pri_periodickem_zatezovani.pdf

[17] Koncernová norma VW 13750. *Oberflächenschutz für Metallteile; Schutzarten, Kurzzeichen*. Wolfsburg : VW AG, 1999.

[18] Koncernová norma VW 80200-2. *AK Anbauteile; Karosserieanbauteile*. Wolfsburg : VW AG, 2009.



6. Seznam příloh

Příloha 1

Výrobní výkres prototypového držáku (bez otvoru).

Příloha 2

Výrobní výkres prototypového držáku (s otvorem).

	1	2	3	4	5	6	7	8	Unterlagen References	Nr. No.	Feld Section	Datum Date	Geändert Changed	Gezeichnet Appr.	Beschreibung der Änderung und Änderungsstempel Revision record and change date code
A															
B															
C															
D															
E															
F															
G															

>400 <=1000	>120 <= 400	1													
> 30 <= 120	0,5														
> 6 <= 30	0,3														
<= 6	0,2														
Winkel Angle	1°														
Allgemeintoleranzen General tolerances															
Nicht gezeichnet Not dimensioned															
to be taken from data record.															
Hrany bez ostrohu. Edges without fillet.															
Smooth surface edge.															

Bemerkungen/ Notes															
Nezakotované rozměry převzít ze souboru dat. Nicht gezeichnete Geometrien dem Datensatz entnehmen. Undimensioned design model to be taken from data record. Hrany bez ostrohu. Edges without fillet. Smooth surface edge.															

HALTER FANFARE															
bracket of fanfare															
5JA.951.182															
Folien A2 Blatt 1 von 1															

Typ-Prüf-Box und Typ-Prüf-Werkzeug-System und Verwaltungssystem-Schlüssel CAD system and administration code															
Catia V5 R19															
Werkstoff/ Material DIN EN 10111															
Werkstoffbehandlung/ Material treatment Halbzeug/ Semi-finished product															
Oberflächenbeschütz Surface protection															
Gewicht (g) Weight															
5JA.951.182															
Sicherh.-Dok. Safety doc.															
Benennung Title															
HALTER FANFARE															
Maßstab/Scale 1:1															
Teil-Nr. Part-no.															
5JA.951.182															
Kont.-Verantwortg. Doc resp.															
Name/ Name Vajgl															
Abt./Dept. TWE															
Telefon/Phone 15938															
Bez./Druck Vajgl															

[illegible]